



**SKRIPSI–ME141501**

**ANALISA PERFORMA BERBASIS EKSPERIMEN DAN KELAYAKAN  
EKONOMIS BAHAN BAKAR BIODIESEL BIJI KEMIRI (ALEURITES  
MOLUCCANA) PADA MESIN DIESEL SATU SILINDER**

**KIAGUS SALVIN OEMAR  
0421 14 40 000 122**

**Dosen Pembimbing:  
Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D.  
Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D.**

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018**

“Halaman Sengaja Dikosongkan”



## **FINAL PROJECT– ME141501**

### **ANALYSIS OF PERFORMANCE AND ECONOMIC FEASIBILITY OF BIODIESEL FUEL OF CANDLENUT SEED (ALEURITES MOLUCCANA) ON A SINGLE CYLINDER DIESEL ENGINE**

**Kiagus Salvin Oemar**  
**04211440000122**

**Supervisors :**  
**Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D.**  
**Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D**

**DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018**

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

## LEMBAR PENGESAHAN

### **Analisa Performa Berbasis Eksperimen dan Kelayakan Ekonomis Bahan Bakar Biodiesel Minyak Biji Kemiri (*Aleurites moluccana*) pada Mesin Diesel Satu Silinder**

#### **SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan  
memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Bidang Studi *Marine Power Plant* (MPP)  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

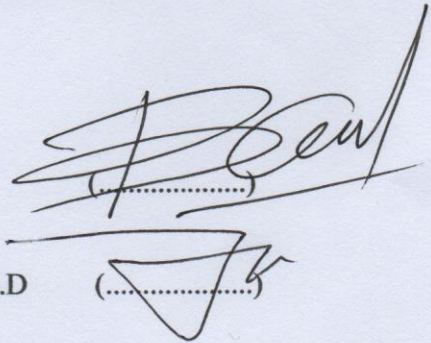
Oleh:

**Kiagus Salvin Oemar**  
**NRP. 04211440000122**

Disetujui oleh Dosen Pemimbing Skripsi :

Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D.  
NIP: 1979 0319 2008 01 1008

Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D  
NIP: 1956 0519 1986 10 1001



Surabaya  
Juli, 2018

“Halaman Sengaja Dikosongkan”



## LEMBAR PENGESAHAN

**Analisa Performa Berbasis Eksperimen dan Kelayakan Ekonomis Bahan Bakar Biodiesel Biji Kemiri (Aleurites moluccana) pada Mesin Diesel Satu Silinder**

### SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan  
memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Marine Power Plant (MPP)  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**Kiagus Salvin Oemar**  
**NRP. 04211440000122**

Disetujui oleh:

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :



**Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST. MT**

**NIP. 1977 0802 2008 01 1007**

Surabaya  
Juli, 2018

“Halaman Sengaja Dikosongkan”



## **Analisa Performa Berbasis Eksperimen dan Kelayakan Ekonomis Bahan Bakar Biodiesel Biji Kemiri (*Aleurites moluccana*) pada Mesin Diesel Satu Silinder**

Nama Mahasiswa : Kiagus Salvin Oemar  
NRP : 04211440000122  
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan  
Dosen Pembimbing 1 : Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D.  
Dosen Pembimbing 2 : Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D

### **Abstrak**

Ketersediaan bahan bakar fosil yang semakin menipis mendorong penggunaan bahan bakar dari sumber daya alam terbarukan dan ramah lingkungan, yakni biodiesel. Persyaratannya harus cukup banyak tersedia sebagai bahan baku salah satunya adalah biji kemiri. Beberapa keunggulan biji kemiri sebagai biodiesel yakni : kandungan minyaknya tinggi, nilai FFA nya cukup rendah, proses pengolahannya mudah, karakteristiknya mirip CPO, dan ketersediaannya melimpah. Tujuan penelitian biodiesel biji kemiri ini adalah pengujian properties, performansi pada mesin diesel satu silinder, serta studi kelayakan ekonomisnya. Pengujian dilakukan pada mesin YANMAR TF85-MH dengan menggunakan bahan bakar biodiesel kemiri B15 dan B20 serta HSD dan biosolar sebagai pembanding. Hasil penelitian yang dilakukan, didapat properties (viskositas, densitas, nilai kalori, flash point, dan pour point), dimana biji kemiri sudah memenuhi standar biodiesel yang ditetapkan Standar Nasional Indonesia. Dari uji performa yang dilakukan menunjukkan penggunaan biodiesel B20 kemiri memiliki performa lebih baik dibanding biosolar, dapat dilihat dari konsumsi bahan bakar yang lebih rendah 8,3% dibandingkan HSD dan 11,3 dibandingkan biosolar, serta menghasilkan daya yang optimal dengan perbedaan 1,7% terhadap HSD dan 7,1% terhadap biosolar. Dengan melakukan penelitian terhadap biodiesel minyak biji kemiri ini diharapkan mampu sebagai salah satu solusi energi alternatif pengganti bahan bakar fosil yang persediaannya kian menipis. Selain itu juga, bisa dimanfaatkan sebagai salah satu jalan usaha untuk memproduksi biodiesel minyak biji kemiri yang diharapkan dapat bersaing dengan bahan bakar yang berlaku di pasaran.

**Keywords :** Biodiesel, Minyak Biji Kemiri, Motor Diesel, *properties*, Uji Performansi, Studi Ekonomis

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

## **Performance Analysis and Economic Feasibility of Biodiesel Fuel Seed Candlenut (*Aleurites moluccana*) on Diesel Engine One-Cylinder**

Student Name : Kiagus Salvin Oemar  
NRP : 04211440000122  
Departement : Marine Engineering  
Academic Supervisor : Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D.  
Academic Supervisor : Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D

### **Abstract**

The restriction availability of fossil fuels encourages the use of fuel from renewable and eco-friendly natural resources, such as biodiesel. The requirements should be quite widely available as raw material one of which is the candlenut seed. Some of the benefits of candlenut seed as biodiesel such as: high oil content, FFA value is quite low, the processing is easy, its characteristics are similar to CPO, and its availability is abundant. The research objective on the use of biodiesel from candlenut seeds are to examines its properties, performance on single cylinder diesel engines, and economic feasibility studies. The experiment was carried out on a YANMAR TF85-MH engine using the B15 and B20 candlenut seed biodiesel fuel and high speed diesel oil (HSD) and bio oil (Pertamina product of B15) as a comparison. The result areof the study is obtained properties (viscosity, density, calorific value, flash point, and pour point) candlenut seed biodiesel already meet of Indonesian National Standard. The results of performance experiments show that the use of B20 candlenut seed has better performance than bio oil (Pertamina product B20), can be seen from the low specific fuel consumption and produce the highest full load power. While the economic feasibility study conducted has a higher selling price value than bio oil (Pertamina B15) on the market.

**Keywords :** *Biodiesel, Candlenut seed oil, Diesel engine, properties, Engine perform, economical study*

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah S.W.T Tuhan semesta alam yang tak henti – hentinya memberikan berkat limpahan rahmat dan hidayah sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Analisa Performa Berbasis Eksperimen dan Kelayakan Ekonomis Bahan Bakar Biodiesel Minyak Biji Kemiri (*Aleurites moluccana*) pada Mesin Diesel Satu Silinder”**. Tak lupa Shalawat serta salam kita sanjungkan kepada Nabi besar Muhammad SAW yang telah membawa kita ke luar dari zaman kegelapan menuju zaman terang benderang saat ini. Semoga kita diberikan syafaatnya pada yaumul akhir nanti.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan doa berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Orang tua penulis, Bapak Kiagus H. Oemar HD dan Ibu Hj. Neng Kartini yang selalu memberikan doa, semangat, serta dukungan baik moral maupun material sehingga mampu meringankan beban penulis dalam mengerjakan skripsi.
2. Bapak Benny Cahyono, S.T.,M.T.,Ph.D dan Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, ilmu, dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST. MT selaku Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
4. Bapak Dr. Eng. Trika Pitana, ST., M.Sc. selaku dosen wali yang telah membimbing penulis selama menjalani perkuliahan di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan.
5. Bapak/Ibu dosen Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK ITS yang telah mengajarkan ilmu dan memberikan motivasi selama perkuliahan.
6. Bapak Nur selaku teknisi Laboratorium Marine Power Plant yang telah membantu penulis dalam persiapan pra eksperimen hingga eksperimen selesai.
7. Selvy Noviantie Oemar, Yudha Nugraha, dan Kiagus Salman Oemar selaku kakak dan adik dari penulis yang selalu memberikan doa, semangat, masukan serta dukungan baik moral maupun material kepada penulis
8. Rekan saya dalam pengerjaan skripsi ini, Vianto Ilham dan Dolimora Martadho, yang telah bersama-sama memulai dari perumusan judul sampai penyelesaiannya.
9. Teman-teman di Laboratorium *Marine Power Plant* (MPP) selaku kerabat bertukar pikiran dan yang membantu penulis dalam proses eksperimen sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik dan lancar.
10. Teman-teman Perumdol yang selalu ada di saat senang ataupun susah mulai dari awal semester pertama hingga sekarang.
11. Kawan seperjuangan dan seangkatan Mercusuar'14 yang menjadi teman serta keluarga dalam sehari – hari menjalankan perkuliahan di kampus tercinta ini.
12. Fiditya Daisy Charisma Aulia, yang selalu menemani dan mendukung penulis.
13. Serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari pula bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu perlunya saran dan masukan demi membangun kebaikan dan kemajuan skripsi ini. Akhir kata semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang membutuhkannya.

Surabaya, Juli 2017

Penulis



## DAFTAR ISI

SKRIPSI .....	i
FINAL PROJECT .....	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK .....	ix
ABSTRACT .....	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI .....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xix
DAFTAR GRAFIK .....	xxi
DAFTAR TABEL .....	xxiii
BAB I	
PENDAHULUAN.....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Perumusan Masalah .....	2
1.3    Batasan Masalah.....	2
1.4    Tujuan Penelitian .....	2
1.5    Manfaat Penelitian .....	2
BAB II .....	3
TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1    Telaah Pustaka .....	3
BAB III.....	11
METODOLOGI PENELITIAN .....	11
3.1    Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	12
3.2    Studi Literatur .....	12
3.3    Persiapan alat dan bahan .....	12
3.4    Pembuatan Biodiesel minyak biji kemiri (Aleurites moluccana).....	13
3.5    Uji karakteristik Biodiesel.....	13
3.6    Bahan bakar.....	13

3.7	Engine set up .....	13
3.8	Eksperimen analisa performa motor diesel .....	14
3.9	Pengumpulan Data Ekonomis .....	14
3.10	Perhitungan Biaya Awal.....	15
3.11	Perhitungan Biaya Operasional .....	15
3.12	Perbandingan Nilai Ekonomis.....	15
3.13	Pengumpulan Data .....	15
3.14	Analisa dan pembahasan .....	15
3.15	Kesimpulan dan saran .....	15
BAB IV.....		17
ANALISA DAN PEMBAHASAN .....		17
4.1	Properties Biodiesel Biji Kemiri .....	17
4.1.1	Densitas (Berat Jenis) .....	17
4.1.2	Viskositas .....	18
4.1.3	Titik Nyala ( <i>Flash Point</i> ) .....	18
4.1.4	Titik Tuang ( <i>Pour Point</i> ).....	18
4.1.5	Nilai Kalor .....	18
4.2	Pengaruh Biodiesel Biji Kemiri dalam Pengujian Performansi .....	19
4.2.1	Perbandingan antara <i>Power</i> terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD .....	19
4.2.2	Perbandingan antara <i>Power</i> terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar Biosolar .....	20
4.2.3	Perbandingan antara <i>Power</i> terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar Biodiesel Biji Kemiri (B15) .....	21
4.2.4	Perbandingan antara <i>Power</i> terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar Biodiesel Biji Kemiri (B20) .....	22
4.2.5	Perbandingan Antara <i>Power</i> terhadap SFOC pada Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15, dan B20 Biji Kemiri Pada RPM 1800 .....	23
4.2.6	Perbandingan Antara <i>Power</i> terhadap SFOC pada Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15, dan B20 Biji Kemiri Pada RPM 1900 .....	24
4.2.7	Perbandingan Antara <i>Power</i> terhadap SFOC pada Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15, dan B20 Biji Kemiri Pada RPM 2000 .....	25

4.2.8	Perbandingan Antara Power terhadap SFOC pada Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15, dan B20 Biji Kemiri Pada RPM 2100 .....	26
4.2.9	Perbandingan Antara Power terhadap SFOC pada Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15, dan B20 Biji Kemiri Pada RPM 2200 .....	27
4.2.10	Perbandingan antara Putaran <i>Engine</i> terhadap Power pada Kondisi Full Load untuk Semua Jenis Bahan Bakar .....	28
4.2.11	Perbandingan Antara Putaran Mesin terhadap Torsi pada kondisi full load untuk semua jenis bahan bakar .....	29
4.2.12	Perbandingan Antara Putaran Engine dengan BMEP untuk semua jenis bahan bakar.....	30
4.2.13	Perbandingan antara Power terhadap Eff. Thermal pada Jenis Bahan Bakar HSD .....	31
4.2.14	Perbandingan antara Power terhadap Eff. Thermal pada Jenis Bahan Bakar Biosolar.....	32
4.2.15	Perbandingan antara Power terhadap Eff. Thermal pada Jenis Bahan Bakar B15 Biji Kemiri .....	33
4.2.16	Perbandingan antara <i>Power</i> terhadap Eff. Thermal pada Jenis Bahan Bakar B20 Biji Kemiri.....	34
4.2.17	Perbandingan antara <i>Power</i> terhadap Eff. Thermal pada putaran 1800 rpm untuk Semua Jenis Bahan Bakar.....	35
4.2.18	Perbandingan antara Power terhadap Eff. Thermal pada putaran 1900 rpm untuk Semua Jenis Bahan Bakar.....	36
4.2.19	Perbandingan antara Power terhadap Eff. Thermal pada putaran 2000 rpm untuk Semua Jenis Bahan Bakar.....	37
4.2.20	Perbandingan antara <i>Power</i> terhadap Eff. Thermal pada putaran 2100 rpm untuk Semua Jenis Bahan Bakar.....	38
4.2.21	Perbandingan antara <i>Power</i> terhadap Eff. Thermal pada putaran 2200 rpm untuk Semua Jenis Bahan Bakar.....	39
4.3	Analisa Ekonomi .....	40
4.3.1	Rencana Investasi Produksi .....	40
4.3.2	Perbandingan Produksi Kemiri dan Kelapa Sawit .....	41
4.3.3	Investasi Pabrik (Tempat Produksi) .....	42
4.3.4	Investasi Peralatan Produksi.....	44

4.3.5	Perhitungan Kebutuhan Bahan Baku.....	48
4.3.6	Perhitungan Kebutuhan Karyawan.....	49
4.3.7	Perhitungan Penaksiran Modal (Total Capital Investment).....	51
4.3.8	Perhitungan Biaya Produksi (Total Production Cost, TPC) .....	52
4.3.9	Perbandingan Nilai Ekonomis .....	54
BAB V .....		59
KESIMPULAN DAN SARAN .....		59
5.1	Kesimpulan.....	59
5.2	Saran.....	60
LAMPIRAN .....		63
LAMPIRAN A.....		63
Pembuatan Biodiesel .....		63
LAMPIRAN B.....		67
Hasil Uji Propertieses LPPM.....		67
LAMPIRAN C.....		69
Pengambilan Data Bahan Bakar .....		69
LAMPIRAN D.....		73
Perhitungan Analisa Ekonomis Biodiesel Kelapa Sawit .....		73
BIOGRAFI PENULIS .....		81

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kemiri Kering (Sihombing, 2011) .....	5
Gambar 2. 2 Kemiri Kupas (Sihombing, 2011) .....	5
Gambar 2. 3 Minyak mentah kemiri .....	7
Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian.....	11
Gambar 3. 2 <i>Engine Set Up</i> .....	14

“Halaman Sengaja Dikosongkan”



## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Perbandingan <i>Power</i> terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD..	19
Grafik 4.2 Perbandingan <i>Power</i> terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar Biosolar	20
Grafik 4.3 <i>Power</i> terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar Biodiesel Biji Kemiri (B15).....	21
Grafik 4.4 Perbandingan <i>Power</i> terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar Biodiesel Biji Kemiri (B20).....	22
Grafik 4. 5 Perbandingan <i>Power</i> terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, Biodiesel B15 kemiri, Biodiesel B20 Kemiri pada 1800 RPM .....	23
Grafik 4. 6 Perbandingan <i>Power</i> terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, Biodiesel B15 kemiri, Biodiesel B20 Kemiri pada 1900 rpm .....	24
Grafik 4. 7 Perbandingan <i>Power</i> terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, Biodiesel B15 kemiri, Biodiesel B20 Kemiri pada 2000 rpm .....	25
Grafik 4. 8 Perbandingan <i>Power</i> terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, Biodiesel B15 kemiri, Biodiesel B20 Kemiri pada 2100 rpm .....	26
Grafik 4. 9 Perbandingan <i>Power</i> terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, Biodiesel B15 kemiri, Biodiesel B20 Kemiri pada 2200 rpm .....	27
Grafik 4. 10 Perbandingan antara Putaran <i>Engine</i> terhadap Power pada Kondisi Full Load untuk Semua Jenis Bahan Bakar .....	28
Grafik 4. 11 Perbandingan Antara Putaran Mesin terhadap Torsi pada kondisi <i>full load</i> untuk semua jenis bahan bakar .....	29
Grafik 4. 12 Perbandingan antara Putaran <i>Engine</i> dengan BMEP pada kondisi <i>full load</i> untuk semua jenis bahan bakar. ....	30
Grafik 4. 13 Perbandingan antara <i>Power</i> terhadap Eff. Thermal pada Jenis Bahan Bakar HSD .....	31
Grafik 4. 14 Perbandingan antara <i>Power</i> terhadap Eff. Thermal pada Jenis Bahan Bakar Biosolar.....	32
Grafik 4. 15 Perbandingan antara <i>Power</i> terhadap Eff. Thermal pada Jenis Bahan Bakar B15 Kemiri .....	33
Grafik 4. 16 Perbandingan antara <i>Power</i> terhadap Eff. Thermal pada Jenis Bahan Bakar B20 Kemiri .....	34
Grafik 4. 17 Perbandingan antara <i>Power</i> terhadap Eff. Thermal pada putaran 1800 rpm untuk Semua Jenis Bahan Bakar.....	35
Grafik 4. 18 Perbandingan antara <i>Power</i> terhadap Eff. Thermal pada putaran 1900 rpm untuk Semua Jenis Bahan Bakar.....	36
Grafik 4. 19 Perbandingan antara <i>Power</i> terhadap Eff. Thermal pada putaran 2000 rpm untuk Semua Jenis Bahan Bakar.....	37
Grafik 4. 20 Perbandingan antara <i>Power</i> terhadap Eff. Thermal pada putaran 2100 rpm untuk Semua Jenis Bahan Bakar.....	38

Grafik 4. 21 Perbandingan antara Power terhadap Eff. Thermal pada putaran 2200 rpm untuk Semua Jenis Bahan Bakar .....	39
Grafik 4. 22 Grafik <i>Break Even Point</i> .....	58

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Standar Nasional Indonesia untuk Biodiesel.....	4
Tabel 2. 2 Produksi kemiri di Indonesia .....	5
Tabel 2. 3 Karakteristik Minyak Kemiri (Pham, 2018) .....	7
Tabel 2. 4 Properties Biodiesel biji kemiri (Pham, 2018).....	8
Tabel 2. 5 properties biodiesel murni dan campuran (Imdadul, 2016) .....	8
Tabel 4. 1 Properties Biodiesel minyak biji kemiri .....	17
Tabel 4. 2 Kebutuhan Impor Solar .....	40
Tabel 4. 3 Perhitungan ekonomis .....	42
Tabel 4. 4 POT dan BEP .....	42
Tabel 4. 5 Kebutuhan Ruang .....	43
Tabel 4. 6 Total Kebutuhan Ruang .....	43
Tabel 4. 7 Indeks Harga .....	44
Tabel 4. 8 Perhitungan Indeks Harga .....	45
Tabel 4. 9 Perkiraan harga alat proses.....	46
Tabel 4. 10 Kebutuhan bahan baku pembuatan biodiesel .....	48
Tabel 4. 11 Hasil yang didapat.....	48
Tabel 4. 12 Perhitungan Kebutuhan bahan baku.....	48
Tabel 4. 13 Hasil penjualan.....	49
Tabel 4. 14 Kebutuhan karyawan.....	49
Tabel 4. 15 <i>Direct Cost</i> .....	51
Tabel 4. 16 <i>Indirect Cost</i> .....	51
Tabel 4. 17 Biaya Produksi Langsung .....	52
Tabel 4. 18 Biaya Tetap (Fixed Charge) .....	52
Tabel 4. 19 Biaya Pengeluaran Umum (General Expenses, GE).....	53
Tabel 4. 20 Biaya Operasi Untuk Kapasitas Produksi Besar .....	54
Tabel 4. 21 Modal Pinjaman Selama Masa Konstruksi .....	55
Tabel 4. 22 Modal Sendiri Selama Masa Konstruksi.....	55
Tabel 4. 23 Trial Laju Bunga (i) .....	56
Tabel 4. 24 <i>Commulative Cash Flow</i> .....	57
Tabel 4. 25 Biaya <i>Fixed Cost</i> , <i>Variable Cost</i> , <i>Semi Variable Cost</i> , dan <i>Sell</i> .....	57
Tabel 4. 26 Hasil penjualan.....	74
Tabel 4. 27 Biaya Produksi Langsung .....	76
Tabel 4. 28 Biaya Tetap (Fixed Charge) .....	77
Tabel 4. 29 Biaya Pengeluaran Umum (General Expenses, GE).....	77
Tabel 4. 30 Biaya Operasi Untuk Kapasitas Produksi Besar .....	77
Tabel 4. 31 Modal Pinjaman Selama Masa Konstruksi .....	78
Tabel 4. 32 Modal Sendiri Selama Masa Konstruksi.....	78
Tabel 4. 33 Trial Laju Bunga (i) .....	78
Tabel 4. 34 <i>Commulative Cash Flow</i> .....	79
Tabel 4. 35 Biaya <i>Fixed Cost</i> , <i>Variable Cost</i> , <i>Semi Variable Cost</i> , dan <i>Sell</i> .....	79

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Penggunaan motor diesel masih mendominasi dalam dunia industri dan transportasi termasuk kapal. Indonesia sebagai negara kepulauan, tentu banyak menggunakan kapal sebagai moda transportasi, baik untuk mengangkut barang maupun manusia. Pemilihan motor penggerak berupa motor diesel dikarenakan motor diesel memiliki efisiensi thermal yang lebih baik dibandingkan yang lain. Banyaknya pemakain motor diesel berbanding lurus dengan pemakaian bahan bakar yang masih didominasi oleh bahan bakar fosil. Banyak negara, termasuk Indonesia yang masih ketergantungan dengan bahan bakar fosil tersebut padahal ketersediaan bahan bakar fosil sendiri di Indonesia kian menipis.

Berdasarkan data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), cadangan terbukti minyak bumi Indonesia saat ini sebesar 3,6 miliar barel. Selain cadangan terbukti, masih terdapat cadangan potensial minyak bumi sebesar 3,9 miliar. Selain itu, terdapat unrecoverable oil sebesar 55 miliar barel dimana 4,6 miliar barel di antaranya merupakan potensi yang dapat diambil dengan teknologi Enhanced Oil Recovery (EOR). Adapun potensi sumber daya migas Indonesia sekitar 84,4 miliar barel oil ekuivalen. Bahan bakar fosil yang bersifat *non renewable* di Indonesia sangat terbatas dan akan semakin menipis kapasitasnya serta diprediksi akan habis dalam 12 tahun sehingga harus dicari sumber energi terbaru yang memiliki sifat dapat diperbaharui (*renewable*). Salah satu solusinya ialah penggunaan biodiesel. (sumber : kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral)

Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar untuk mesin diesel yang ramah lingkungan yang sudah mulai banyak dikembangkan sebagai energi alternatif. Karakteristiknya yang menyerupai minyak diesel/solar membuatnya potensial untuk dikembangkan yang dapat diperoleh dari minyak tumbuhan, lemak binatang ataupun minyak bekas melalui proses transesterikasi dengan alkohol. Salah satu penghasil biodiesel yang paling siap adalah tanaman kelapa sawit. Namun, jika penggunaannya berlebihan maka akan mengganggu stabilitas harga dan kesediaan minyak pangan di pasaran. Oleh karena itu, pengembangan tanaman penghasil bioenergi sedapat mungkin diarahkan ke tanaman yang bukan penghasil pangan. Maka diperlukan bahan baku lain yang berpotensi sebagai sumber utama pembuatan biodiesel yaitu buah kemiri. (Paraag Saxeena, 2012).

Bagian dari tanaman kemiri yang digunakan sebagai biodiesel adalah bijinya. Biji kemiri mengandung lemak nabati yang tersusun dari senyawa yang bisa menghasilkan minyak. Senyawa ini sangat unik karena memiliki komposisi yang hampir sama dengan bahan bakar diesel solar. Keuntungan lain dari biji kemiri ini yakni ketersediaannya yang cukup melimpah, kandungan minyaknya yang tinggi sekitar 50-60%, dan juga kandungan FFA yang dimiliki cukup rendah. Hal ini membuat kemiri mudah didapatkan dan memudahkan dalam proses pengolahannya menjadi biodiesel.

Penelitian ini membahas tentang analisa performa menggunakan biodiesel dengan bahan dasar biji kemiri dibandingkan dengan performa menggunakan biodiesel yang sudah ada dipasaran yaitu biosolar pertamina. Selain itu, akan dibahas juga mengenai studi kelayakan ekonomis dengan bahan baku biji kemiri. Penelitian akan dilakukan dengan metode eksperimen dengan melihat performa motor diesel menggunakan bahan bakar HSD, biosolar serta biodiesel biji kemiri campuran B15 dan B20. Dari analisa tersebut dapat dihasilkan perbandingan performa antara biodiesel biji kemiri dengan biodiesel yang sudah ada dipasaran.

## 1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini:

1. Bagaimana *properties* biodiesel dari kemiri?
2. Bagaimana performa motor diesel satu silinder dengan menggunakan bahan bakar biodiesel dari Kemiri, HSD, dan biosolar pertamina terhadap Daya, SFOC, Torsi, BMEP, dan efisiensi thermal?
3. Bagaimana studi kelayakan ekonomis produksi bahan baku biji kemiri?

## 1.3 Batasan Masalah

Untuk dapat melaksanakan penelitian ini diperlukan batasan masalah sebagai berikut:

1. Ruang lingkup analisa proses performa mesin (*Engine Perform*) dengan mencari nilai daya, torsi, efisiensi termal, *Sfecific Fuel Oil Consumption* (SFOC), dan *Brake Meam Effective Presure* (BMEP).
2. Variabel bahan bakar meliputi HSD, biosolar dan biodiesel kemiri B15 dan B20
3. Variabel putaran pada mesin menggunakan RPM sebesar 1800 RPM, 1900 RPM, 2000 RPM, 2100 RPM dan 2200 RPM
4. Analisis proses performa mesin dilakukan pada motor diesel Yanmar TF85 MH yang berada di Laboratorium *Marine Power Plant* FTK ITS.
5. Ruang lingkup analisa ekonomis yang digunakan adalah *Break even point* (BEP), *Internal Rate Return* (IRR), dan *Payout Time* (POT)

## 1.4 Tujuan Penelitian

Untuk menjawab seluruh pertanyaan pada perumusan masalah maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui karakteristik biodiesel dari minyak biji Kemiri
2. Untuk mengetahui performa motor diesel menggunakan bahan bakar biodiesel dari minyak Biji Kemiri dan motor diesel menggunakan bahan bakar biosolar pertamina
3. Untuk mengetahui hasil studi kelayakan ekonomis bahan bakar biji kemiri

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Menambah pengetahuan tentang sumber bahan bakar nabati
2. Sebagai penelitian energi altenartif untuk masa depan
3. Mengetahui perbandingan performa dari kedua bahan bakar tersebut



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Telaah Pustaka**

Meningkatnya kebutuhan akan bahan bakar yang berasal dari minyak bumi tidak seimbang dengan ketersediaan dari bahan bakar tersebut. Menurut data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), cadangan terbukti minyak bumi di Indonesia hanya 3,6 miliar barel dan akan habis dalam 12 tahun jika tidak dilakukan upaya untuk menyelamatkan minyak bumi tersebut. Salah satu upaya untuk mengatasi krisis tersebut yakni penggunaan energi alternatif yang terbarukan, seperti *biofuel*.

*Biofuel* merupakan salah satu energi yang berasal dari makhluk hidup, biasanya tanaman. Bioetanol, biodiesel, dan biogas adalah jenis *biofuel*. *Biofuel* dianggap energi terbarukan, mengurangi peran dari bahan bakar fosil, dan telah mendapat perhatian dalam transisi ke ekonomi rendah karbon. Biodiesel merupakan minyak dari tumbuhan atau hewan yang telah digunakan sebagai alternatif atau dicampur dengan minyak solar di mobil dan armada industri dengan mesin diesel. Eksportir terkemuka biodiesel adalah Argentina yang pada Desember 2013 mengajukan keluhan ke Pertemuan WTO Ketiga terhadap Uni Eropa untuk menempatkan pajak impor di biodiesel, tetapi menanggapi permintaan tempat lain dengan meningkatkan ekspor ke Amerika Serikat yang menciptakan biodiesel sendiri juga sebanyak 1.1 miliar galon pada 2012. (Lauren Demates, 2014).

Biodiesel dianggap sebagai alternatif yang menarik untuk menggantikan bahan bakar Diesel karena memiliki karakteristik yang menyerupai minyak diesel atau solar. Komposisi biodiesel pada umumnya terdiri dari berbagai jenis asam lemak yang berasal dari minyak nabati atau lemak hewan melalui proses kimiawi ditransformasi menjadi “Metil Ester Asam Lemak” (Fatty Acid Methyl Esther=FAME). Kelebihan biodiesel dibanding bahan bakar diesel adalah efisiensi pembakaran yang lebih tinggi, nilai cetane number yang lebih tinggi, biodegradabilitas lebih tinggi dan memiliki emisi karbon monoksida yang lebih sedikit. Sementara kelemahan dari Biodiesel yakni emisi NO<sub>x</sub> yang sedikit lebih tinggi, kandungan energi rendah, lebih korosif serta memiliki viskositas yang lebih tinggi yang menyebabkan sulit dalam pemompaan bahan bakar. (Paraag Saxeena, 2012).

Biodiesel dihasilkan melalui proses transesterifikasi minyak nabati dengan metanol atau esterifikasi langsung asam lemak hasil hidrolisis dengan metanol. Cara transesterifikasi lebih banyak dikembangkan karena proses ini lebih efisien dan ekonomis. Proses ini menghasilkan dua produk yaitu metil esters (biodiesel)/mono-alkyl esters dan gliserin yang merupakan produk samping. Dalam transesterifikasi minyak nabati, trigliserida bereaksi dengan alkohol dengan adanya asam kuat atau basa kuat sebagai katalis menghasilkan campuran fatty acid alkyl ester dan gliserol (Manurung 2006).

Secara umum terdapat beberapa karakteristik yang penting dalam biodiesel seperti value limit atau besaran maksimal dari density, *viscosity*, *cetane number*, titik nyala, titik tuang, energi yang dihasilkan, bilangan iodin, residu yang

dihasilkan dll. Pemerintah Indonesia sendiri telah menetapkan standar yang harus dimiliki oleh biodiesel sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI). Berikut data lengkap Standar Nasional Indonesia untuk biodiesel :

Tabel 2. 1 Standar Nasional Indonesia untuk Biodiesel

No.	Parameter and Unit	Value Limit	Metode Uji
1	Density at 40° C, Kg/m <sup>3</sup>	850-890	ASTM D 1298
2	Kynematic Viscosity at 40°C , (cSt)	2,3-6,0	ASTM D 445
3	Cetane Number (min)	Min. 51	ASTM D 613
4	Flash Point at 0°C	Min. 100	ASTM D 93
5	Cloud Point	Max. 18	ASTM D2500
6	Copper Strip Corrosion (3hours,500° C)	Max. 3	ASTM D 130
7	Carbon Residue,%-weight	Max. 0,05	ASTM D 4530
8	Water and Sediment,%-volume	Max. 0,05	ASTM D 2709
9	Distillation Temperature 90%,0° C	Max. 360	ASTM D 1160
10	Sulfated Ash Content, %-weight	Max. 0,02	ASTM D874
11	Sulphur, ppm-b (mg/kg)	Max. 100	ASTM D 5453
12	Phospor,ppm-b (mg/kg)	Max. 10	AOCS Ca 12-55
13	Acid number, mg-KOH/gr	Max. 0,8	AOCS Cd 3D-63
14	Free Glycerol, %-weight	Max. 0,02	AOCS Ca 14-56
15	Total Glycerol , %-weight	Max. 0,24	AOCS Ca 14-56
16	Ester Alkyl Content, %-weight	Min. 96,5	
17	Iodin Number (%-massa)	Max. 115	AOCS Cd 1-25
18	Monogliserida content (%-massa)	Max 0,8	ASTM D 6584
19	Oxidation (minute)	27	ASTM D 7545

Sumber: Balai Standardisasi Nasional (2015)

Salah satu bahan baku yang dapat dimanfaatkan menjadi biodiesel adalah tanaman kemiri dengan memanfaatkan bijinya. Tanaman kemiri biasanya tumbuh liar pada ketinggian 150-1000 m di atas permukaan laut. Pada skala nasional, memiliki produksi yang tinggi per tahun dengan total luasan mencapai 205.532 ha dengan tersebar di seluruh Indonesia. Permenhut No. P.35/Menhut-II/2007 tentang Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) menyebutkan bahwa kemiri termasuk pada kelompok minyak lemak, pati dan buah-buahan dengan produk minyak kemiri dan kelompok tumbuhan obat dengan produk ekstrak pepagan.



Gambar 2. 2 Kemiri Kupas  
(Sihombing, 2011)



Gambar 2. 1 Kemiri Kering  
(Sihombing, 2011)

Tanaman kemiri menyebar di beberapa daerah di Indonesia dengan sebaran terbanyak terdapat di Propinsi Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Selatan, Aceh dan Sumatera Utara (Koji 2002). Luas dan produksi tanaman kemiri di Indonesia setiap tahunnya cenderung meningkat. Menurut Deptan (2009), tanaman kemiri yang tumbuh di Indonesia 100% adalah tanaman kemiri yang diusahakan oleh masyarakat dalam bentuk kebun penduduk (perkebunan rakyat). Potensi luas dan produksi tanaman kemiri yang ada di Indonesia sejak tahun 1984 sampai 2009 dapat dilihat pada tabel di bawah

Tabel 2. 2 Produksi kemiri di Indonesia

Tahun	Luas (ha)	Produksi (ton)	Tahun	Luas (ha)	Produksi (ton)
1984	74.736	29.246	1997	179.621	69.776
1985	68.444	56.819	1998	174.798	66.302
1986	84.668	28.852	1999	193.805	65.394
1987	69.632	27.778	2000	205.532	74.319
1988	70.621	24.274	2001	205.322	77.375
1989	85.177	28.497	2002	212.487	88.481
1990	109.806	35.576	2003	212.677	95.870
1991	130.122	36.819	2004	206.321	94.005

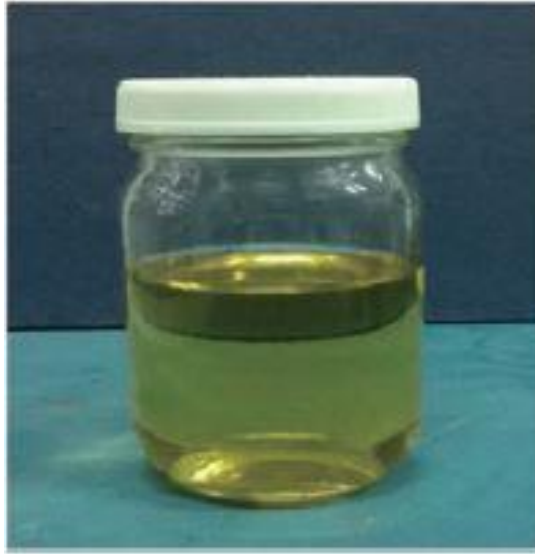
1992	135.486	37.926	2005	196.407	92.667
1993	148.024	56.929	2006	205.454	102.308
1994	170.098	64.182	2007	209.375	102.609
1995	178.378	71.240	2008*)	209.734	107.116
1996	182.587	78.613	2009**)	210.198	111.058

Sumber : Deptan (2009)

.Bagian buah (biji) mengandung minyak sebesar (55-65) persen, dan kadar dalam tempurung sebesar 60 persen. Asam lemak yang terkandung dalam minyak terdiri dari 55 persen asam palmitat, 6,7 persen stearat, 10,5 persen oleat, 48,5 persen linoleat, dan 28,5 persen linolenat. Asam lemak palmitat dan stearate termasuk golongan asam lemak jenuh, sedangkan asam oleat, linoleat dan linolenat termasuk golongan asam lemak tidak jenuh.

Cara ekstraksi minyak yang biasa dilakukan adalah dengan menjemur biji kemudian dipecah dengan tangan dan daging dikeluarkan dengan alat yang runcing. Dengan pengepresan dingin (cold press) dihasilkan minyak berwarna kuning, sedang pengepresan panas akan menghasilkan minyak yang berwarna kuning sampai coklat. Selain itu, banyak juga metode lain yang digunakan untuk proses pengambilan minyak menggunakan metode ekstraksi ini. Bisa dilakukan dengan proses rendering dimana memanfaatkan panas yang menggumpalkan protein. Juga terdapat cara ekstraksi yang menggunakan pelarut, dimana pelarut yang digunakan memiliki kepolaran yang sama dengan minyaknya. (Ketaren, 1986:261-262)

Sementara itu, cara pengepresan mekanik banyak digunakan untuk pengepresan biji-bijian yang memiliki kandungan minyak yang tinggi. Selain itu, minyak yang dihasilkan pun memiliki nilai rendemen yang lebih tinggi, akan tetapi diperlukan penanganan terlebih dahulu sebelum dilakukan pengepresan secara mekanik. Pada pengepresan biji kemiri, pertama kali biji harus dihancurkan dan dipanggang pada suhu 90°C selama 90 menit. Selanjutnya dilakukan proses penekanan hingga minyak dalam biji kemiri keluar dan rendemen yang dihasilkan sekitar 20%. Kelebihan menggunakan proses ini yakni prosesnya sederhana, rendemen yang dihasilkan tinggi, relatif cepat, dan warna minyak yang dihasilkan lebih cerah. Sementara kekurangannya, alat yang digunakan cepat rusak dan minyak yang dihasilkan tidak terlalu murni karena banyak zat-zat yang terbawa saat pengepresan. (Arlene, dkk, 2010)



Gambar 2. 3 Minyak mentah kemiri

Kandungan minyak yang besar dalam minyak kemiri tersebut, menjadi keuntungan tersendiri agar bisa diolah menjadi biodiesel. Selain kandungannya yang banyak, karakteristik lain dari minyak kemiri juga memudahkannya untuk dibuat jadi biodiesel, seperti kandungan FFAnyang yang rendah dibanding minyak dari biji lain. Berdasarkan hasil penelitian (Pham,dkk, 2018) biodiesel dari minyak biji kemiri diperoleh dengan proses esterifikasi untuk menurunkan kadar *Free fatty acid* (FFA) yang semula 7% menjadi 0,8%. Karena kandungan FFA yang rendah, minyak kemiri bisa langsung diproses melalui transesterifikasi tanpa perlu degumming terlebih dulu. Berikut hasil penelitian minyak kemiri menurut Pham dkk, 2018.

Tabel 2. 3 Karakteristik Minyak Kemiri (Pham, 2018)

Karakteristik	Satuan	Nilai
Kandungan Minyak	(wt%)	20-30
Densitas	(kg/m <sup>3</sup> )	914
Viskositas Kinematis	(mm <sup>2</sup> /s)	24,89
Kandungan FFA	(wt%)	6,9
Kandungan Air	(wt%)	0,02
Kandungan Sedimen	(wt%)	0,02
Warna	-	Kuning Terang

Sementara itu, biji kemiri belum banyak digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Padahal, dalam pembuatannya memerlukan proses yang cukup mudah dan juga sudah banyak yang meneliti tentang pemanfaatan biji kemiri menjadi biodiesel ini. Kandungan dalam biodiesel biji kemiri juga sudah memenuhi standar nasional indonesia mengenai biodiesel, seperti penelitian yang dilakukan oleh Pham dkk, 2018, didapat karakteristik biodiesel kemiri sebagai berikut :

Tabel 2. 4 Properties Biodiesel biji kemiri (Pham, 2018)

<i>Properties</i>	Satuan	Biodiesel Kemiri	Standart	Metode Pengujian
FAME Content	mass %	99,3	96,5	ASTM D6751-02
Density, 20°C	kg/m <sup>3</sup>	887	850-890	ASTM D6751-03
Kinematic Viscosity, 40°C	mm <sup>2</sup> /s	4,24	1,9-6,0	ASTM D6751-04
Water Content	mg/kg	230	<500	ASTM D6751-05
Pour Point	°C	6,3	18oC	ASTM D6751-06

Sementara dalam penelitian lain yang dilakukan oleh Imdadul dkk, 2016, yang melakukan penelitian biji kemiri pada mesin diesel satu silinder, melakukan pengujian *properties* untuk biodiesel kemiri murni maupun campuran (10%, 20%, 30%), didapat kandungan dalam biodiesel biji kemiri tersebut sebagai berikut :

Tabel 2. 5 properties biodiesel murni dan campuran (Imdadul, 2016)

Properties	Die sel	CDNb iodies el	CD N10	CD N20	CD N30	AST M67 51	EN14 214
Viscosity (mm <sup>2</sup> /s) at 40 °C	3.5	4.8	3.647	3.756	3.878	1.9–6.0	3.5–5
Density (kg/m <sup>3</sup> ) at 20 °C	829.71	885.7	836.7	842.3	848.1	–	860–900
Calorific value (MJ/kg)	44.34	40.33	43.62	43.26	42.85	–	35
Flash point °C	68.7	161	76.56	85.93	95.2	>130	>120
Cloud point °C	8	6	4	4	4	–	–
Pour point °C	5	6.84	5.35	5.52	5.7	–	–
Water content %	–	0.33	0.0	0.0	0.0	<0.03	<0.05

			32	65	95		
Ash content %	–	0.00 5	0.0 4	0.0 44	0.0 47	<0.02	<0.02
Acid value	0.1 8	0.4	0.1 86	0.2 31	0.2 66	0.5 max.	0.5 max.
Oxidation stability at 110 °C	59. 4	5.9	23. 7	18. 8	14. 3	3 h min.	6 h min.

Imdadul dkk, pada penelitiannya melakukan penelitian biodiesel biji kemiri yang dicoba pada mesin diesel Yanmar 1 silinder TF120M. Penelitian dilakukan menggunakan biodiesel campuran bahan bakar solar dengan komposisi 10%, 20%, dan 30%. Didapatkan hasil secara umum bahwa biodiesel biji kemiri tidak meningkatkan performa mesin secara signifikan, namun untuk emisinya sangat baik sekali karena mampu mengurangi kadar HC dan CO.

Mesin diesel atau mesin pemicu kompresi adalah jenis khusus motor bakar pembakaran dalam. Ciri utama dari motor diesel ini terletak di metode penyalan bahan bakarnya. Dalam metodenya udara di kompresi sampai pada temperatur tertentu untuk menciptakan penyalan dan membakar bahan bakar yang telah dikabutkan ke dalam silinder beberapa derajat sebelum TMA (Titik Mati Atas), karena bahan bakar yang dikabutkan mempunyai titik nyala sendiri rendah, maka bahan bakar akan terbakar dengan sendirinya dan akan mendorong piston pada langkah ekspansi. (Alhaq, 2016).

Sementara itu, penelitian yang dilakukan Dwivedi dkk, 2007, pengujian performa mesin diesel menggunakan berbagai macam biodiesel menghasilkan daya 3-5% lebih kecil dibandingkan bahan bakar fosil, dihitung melalui Kwh/liter atau brake specific fuel consumption (BSFC). Adapun parameter-parameter yang diamati dalam pengujian performa itu yakni Brake Mean Effective Pressure (BMEP), Brake Horse Power (BHP), Mechanical Efficiency, dan Brake Specific Fuel Consumption (BSFC).

Produksi biodiesel global tumbuh pada tingkat fenomenal ~ 23% per tahun antara tahun 2005 dan 2015, yang menyebabkan ekspansi sektor tujuh kali lipat selama satu dekade. Di Indonesia, pada tahun 2017 produksi biodiesel dalam negeri diperkirakan akan meningkat menjadi lebih dari 2,5 miliar liter, dengan sebagian besar output dikonsumsi di dalam negeri. Di semua negara penghasil biodiesel besar, komoditas pertanian dalam negeri telah menjadi bahan baku utama pengembangan biodiesel, yang menyoroti interaksi kompleks antara kepentingan pertanian dan energi pada skala nasional. Ekonomi dan politik biodiesel didorong oleh tiga variabel harga: harga minyak mentah, harga minyak nabati, dan rasio kedua harga ini. (Naylor, 2016)

Menurut Shofiatul, 2017, analisa kelayakan ekonomis bertujuan untuk melihat apakah usaha yang dijalankan memberikan peluang untuk menguntungkan atau tidak. Analisa kelayakan dilakukan untuk menentukan suatu usaha, baik segi teknis, ekonomis, maupun finansial. Beberapa hal yang dibahas dalam analisis ekonomi adalah biaya investasi, prakiraan pendapatan serta kriteria kelayakan usaha. Ada beberapa metode yang dapat dilakukan dalam analisis suatu usaha, seperti Net Present Value (NPV) yang menghitung nilai selisih investasi yang dimiliki sekarang

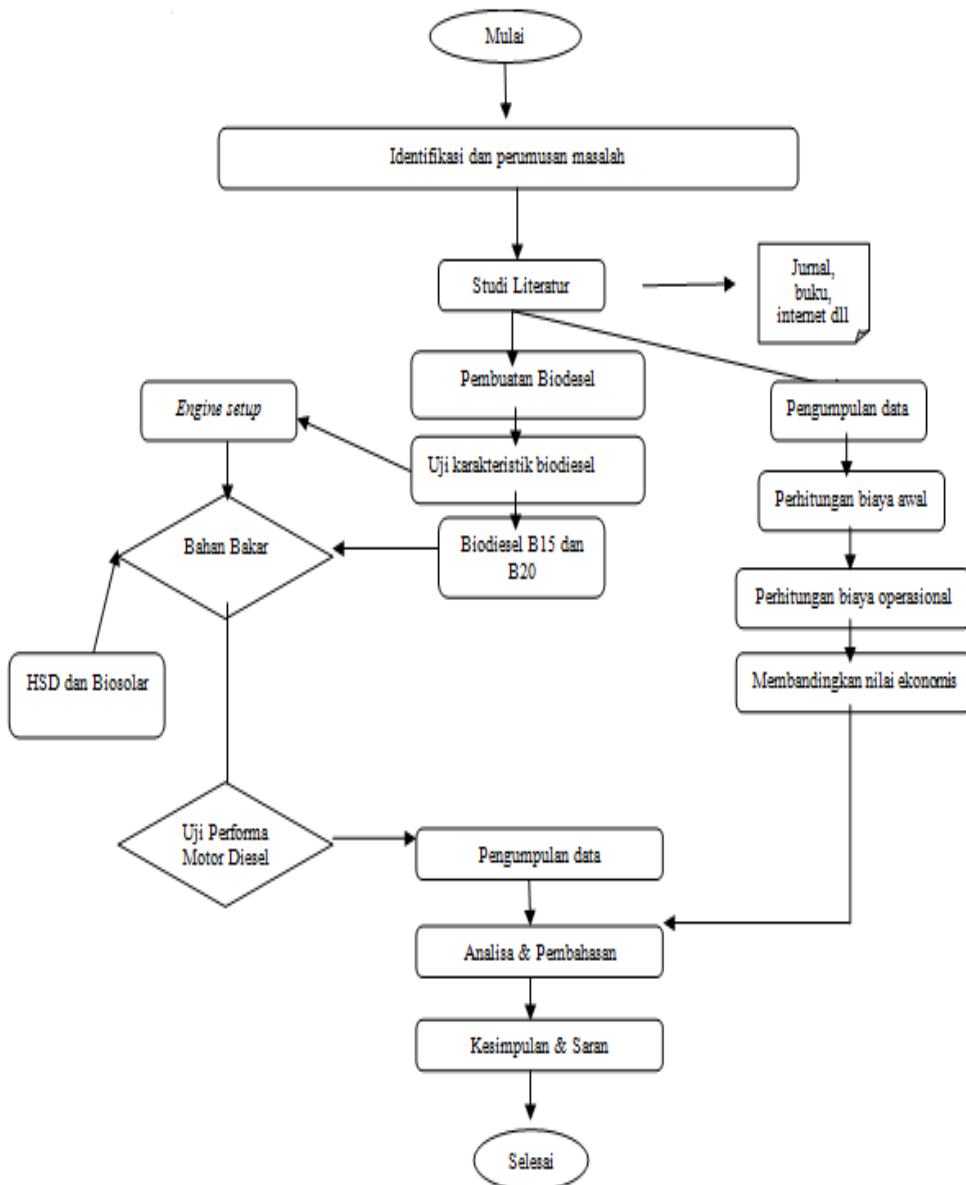
dengan kas bersih yang akan diterima di masa mendatang, Internal Rate of Return (IRR) yang menyamakan nilai investasi sekarang dengan nilai penerimaan kas bersih di masa mendatang, *Payback Period* adalah jangka waktu yang menunjukkan arus penerimaan dalam bentuk present value, *Break Even Point* (BEP) yang menentukan volume penjualan dimana perusahaan dapat menutup semua biaya-biaya tanpa mengalami kerugian maupun keuntungan, B/C ratio yang merupakan indikator perbandingan antara tingkat keuntungan dengan jumlah biaya yang dikeluarkan, Return Of Investment yang merupakan perbandingan antara keuntungan yang diperoleh dengan modal yang dikeluarkan, dan banyak metode lainnya.

Sementara itu, dalam penelitian lain yang dilakukan Saif Alhaq, 2016, analisa tingkat ke ekonomisan dari biodiesel dapat dibandingkan dengan penggunaan pabrik yang telah tersedia sebelumnya dengan metode mengganti nilai dari harga bahan baku pabrik tersebut. Pada penelitiannya yang menggunakan bahan baku umbi porang disebutkan bahwa biodiesel dengan bahan baku umbi porang mempunyai harga jual yang sedikit lebih mahal dengan nilai harga sebesar Rp 4849 dibandingkan dengan biodiesel dengan feedstock kelapa sawit yang sedikit lebih murah dengan nilai sebesar Rp 4819.



### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian kali ini penulis bertujuan untuk menganalisa perbandingan performa mesin diesel menggunakan biosolar dan biodiesel melalui metode eksperimen. Sementara metode analisa ekonomis yang digunakan adalah *Break even point* (BEP), *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), dan *Pay Out Time* (POT). Dibawah ini merupakan diagram metodologi penelitian yang digunakan penulis:



Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian

### 3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Identifikasi dan perumusan masalah pada penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dan kelayakan dari biodiesel biji kemiri dilihat dari performa motor diesel (*engine perform*). Selain itu, perumusan masalah juga nantinya akan dilakukan perbandingan engine perform menggunakan bahan bakar biosolar konvensional milik Pertamina

### 3.2 Studi Literatur

Studi literatur dimaksudkan untuk mempelajari teori – teori yang dapat menunjang dalam penyelesaian masalah penelitian ini. Studi literatur didapatkan dari berbagai sumber seperti Buku, Paper, Jurnal, internet dll. Pada penelitian ini studi literatur tersebut mengacu kepada proses pembuatan biodiesel minyak biji kemiri dan analisa performa motor diesel yang meliputi Daya, SFOC, Torsi, BMEP, dan efisiensi thermal.

### 3.3 Persiapan alat dan bahan

Pada tahap ini dilakukan proses persiapan alat dan bahan untuk menunjang eksperimen ini. Sebelum dilaksanakannya eksperimen perbandingan performa motor diesel menggunakan bahan bakar biodiesel minyak biji kemiri dengan biosolar, berikut adalah bahan yang harus dipersiapkan:

1. Minyak nabati Biji Kemiri
2. Metanol
3. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
4. KOH
5. Aquades
6. Asam cuka
7. Bahan Bakar Solar
8. Bahan bakar biosolar
9. Bahan bakar biodiesel minyak biji kemiri

Sementara itu, alat yang digunakan untuk pembuatan biodiesel, yakni :

1. Gelas Ukur
2. Pipet
3. Labu erlenmeyer
4. Stirer (pengaduk)
5. Kompor gas atau Heater
6. Timbangan
7. Motor diesel Yanmar TF85-MH
8. Stopwatch
9. Tachometer
10. Amperemeter
11. Control panel
12. Multimeter
13. Load (lamp)
14. Alternator

### 3.4 Pembuatan Biodiesel minyak biji kemiri (*Aleurites moluccana*)

Proses pembuatan biodiesel dari minyak biji kemiri ini meliputi proses pengepresan, esterifikasi, transesterifikasi, dilanjutkan dengan pencucian dan terakhir proses pengeringan dan filtrasi. Tahap pengepresan dilakukan menggunakan mesin screw press dan didapat minyak kemiri sekitar 50% dari berat total biji yang di press. Tahap selanjutnya yakni esterifikasi dan proses transesterifikasi yang berfungsi untuk memisahkan metil ester dengan gliserol. Transesterifikasi merupakan proses reaksi kimia dimana minyak dikombinasikan dengan metanol yang ditambahkan katalis untuk membentuk ester lemak dan gliserol. (Kargbo, 2010). Setelah transesterifikasi, yakni proses pencucian yang dilakukan untuk memisahkan larutan metoksid untuk mendapatkan biodiesel yang jernih. Terakhir, dilakukan proses drying/pengeringan untuk menghilangkan kadar air yang tersisa dari proses pencucian

### 3.5 Uji karakteristik Biodiesel

Tahap ini merupakan pengujian karakteristik biodiesel minyak biji kemiri (*aleurites moluccana*), pengujian akan dilakukan dengan standar laboratorium. Adapun pengujian karakteristik biodiesel berupa *Flash point*, *Pour point*, Nilai Kalor, Densitas dan viskositas pada temperatur 40°C yang dilakukan di lab energi LPPM.

### 3.6 Bahan bakar

Bahan bakar yang digunakan dalam eksperimen ini menggunakan tiga jenis bahan bakar yaitu solar, biosolar (Pertamina) dan Biodiesel minyak biji kemiri. Solar dan biosolar yang nantinya digunakan merupakan bahan bakar yang dijual oleh PT Pertamina di SPBU milik Pertamina dan biodiesel berasal dari minyak biji kemiri (*Aleurites moluccana*). Solar dan biodiesel murni kemiri nantinya akan dilakukan pencampuran dengan presentase pencampuran B15 dan B20, sehingga membentuk empat tipe bahan bakar yang akan diuji antara lain:

1. Bahan bakar HSD
2. Bahan bakar Biosolar
3. Bahan bakar campuran dengan presentase Solar 85% dan biodiesel minyak kemiri 15% (B15)
4. Bahan bakar campuran dengan presentase Solar 80% dan biodiesel minyak kemiri 20% (B20)

### 3.7 Engine set up

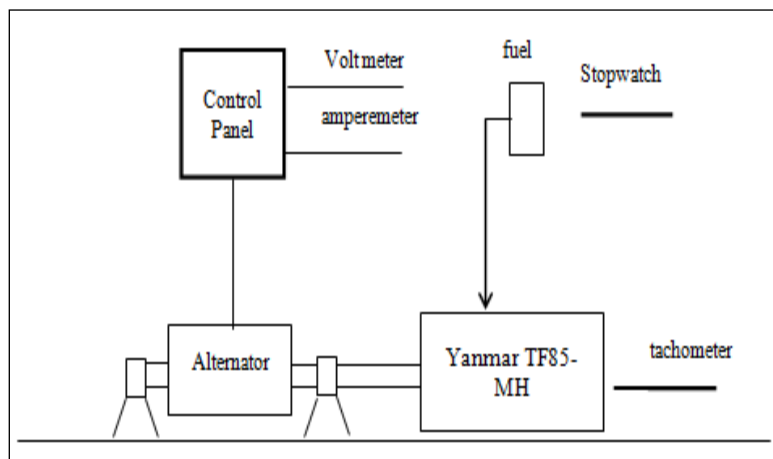
Pada tahap ini dilakukan proses persiapan atau perencanaan eksperimen yang akan dilakukan, menyiapkan variabel tetap dan variabel bebas, mencari nilai dari daya, torsi, SFOC (*Specific Fuel Oil Consumption*), efisiensi thermal dan BMEP. *Engine setup* dilakukan untuk mempermudah dalam melakukan eksperimen serta mempersiapkan alat, bahan serta mesin sebelum dilakukan eksperimen, seperti mengisi *water cooling*, menyiapkan bahan bakar, mengisi oli, dan memeriksa segala hal yang bersangkutan dengan eksperimen agar berjalan lebih lancar. Adapun alat dan bahan yang harus dipersiapkan :

- a) Bahan Bakar HSD

- b) Bahan bakar biosolar
- c) Bahan bakar biodiesel minyak kemiri (B15 dan B20)
- d) Motor diesel yanmar TF85-MH
- e) Stopwatch
- f) Tachometer
- g) Amperemeter
- h) Electric Dynamometer
- i) Control panel
- j) Multimeter
- k) Load (lamp)

Penentuan variabel yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

- a) RPM : 1800,1900,2000,2100,dan 2200
- b) Fuel : HSD, biosolar, Biodiesel kemiri B15 (15% biodiesel dan 85% Solar), dan B20 (20% biodiesel dan 80% Solar)
- c) Load (W) : 1000, 2000, 2200, dan 4000



Gambar 3. 2 Engine Set Up

### 3.8 Eksperimen analisa performa motor diesel

Eksperimen ini dilakukan setelah tahap – tahap sebelumnya sudah terpenuhi seluruhnya. Tujuan dari eksperimen uji performa motor diesel satu silinder ini ialah untuk mengetahui daya, torsi, SFOC, BMEP, dan efisiensi thermal dari motor diesel satu silinder dengan menggunakan bahan bakar biodiesel yang telah disediakan sebelumnya. Eksperimen ini menggunakan motor diesel Yanmar TF85-MH yang berada pada laboratorium *MarinePower Plant* sistem perkapalan FTK-ITS. Eksperimen dilakukan terhadap empat jenis bahan bakar yang berbeda.

### 3.9 Pengumpulan Data Ekonomis

Untuk mendapatkan nilai dari kelayakan ekonomis biodiesel diperlukan beberapa data penunjang seperti rencana produksi, investasi tempat produksi dan investasi peralatan produksi, data yang di peroleh menggunakan data pembandingan dari pabrik yang sudah ada.

### 3.10 Perhitungan Biaya Awal

Perhitungan biaya awal merupakan biaya inventasi yang di keluarkan seperti perhitungan kebutuhan bahan baku, biaya lahan dan bangunan, biaya investasi peralatan, biaya *spare part*, biaya instalasi, biaya tak berwujud dan lainnya. Dalam hal ini biasa disebut dengan *Total Cost Investment*.

### 3.11 Perhitungan Biaya Operasional

Biaya operasional atau biasa disebut *Total Manufacturing Cost* merupakan biaya yang dikeluarkan selama operasi pabrik dalam proses menghasilkan produk yang diinginkan yakni biodiesel, biaya ini dibagi 2 jenis yaitu biaya tetap dan biaya variabel.

### 3.12 Perbandingan Nilai Ekonomis

Mendapatkan hasil nilai ekonomi berdasarkan produksi dan operasional hingga mendapatkan harga jual dari biodiesel Biji kemiri lalu dengan proses yang sama dibandingkan dengan bahan bakar biodiesel yang sudah berlaku sebelumnya yaitu bahan bakar biodiesel kelapa sawit. Metode yang dilakukan yakni *Break even point* (BEP), *Net Present Value* (NPV), dan *Internal Rate of Return* (IRR).

### 3.13 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan setelah eksperimen analisa performa motor diesel berjalan. Pengumpulan data dilakukan dengan melihat nilai Daya, SFOC, Torsi, BMEP, dan efisiensi thermal pada empat jenis bahan bakar yang berbeda.

### 3.14 Analisa dan pembahasan

Analisa dilakukan pada data yang diperoleh dari hasil eksperimen empat jenis bahan bakar yang berbeda. Analisa tersebut akan digunakan sebagai grafik perbandingan yang akan dibahas dalam penelitian ini. Analisa dan pembahasan dilakukan dengan membandingkan performa motor diesel satu silinder yang telah diuji performa sebelumnya.

### 3.15 Kesimpulan dan saran

Setelah menjalani segala rangkaian kegiatan diatas, sampailah pada tahap menarik yaitu kesimpulan data dan percobaan. Kesimpulan dibuat berdasarkan hasil seluruh rangkaian kegiatan eksperimen. Diharapkan kesimpulan akan menjawab seluruh rumusan masalah dan tujuan pada penelitian ini.

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

## BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Properties Biodiesel Biji Kemiri

Pada penelitian ini, minyak nabati didapatkan dari proses pengolahan tanaman kemiri (*Aleurites moluccana*). Dari tanaman kemiri tersebut diolah bijinya untuk dihasilkan minyak yang kemudian dijadikan bahan dasar pembuatan biodiesel dengan bantuan katalis methanol untuk proses esterifikasi dan transesterifikasi. Pengolahan dan pembuatan bahan bakar biodiesel kualitasnya harus dijaga sehingga memiliki *properties* yang memenuhi standar yang telah ditentukan oleh badan Standar Nasional Indonesia mengenai biodiesel. Setelah didapatkan biodiesel dari kemiri melalui proses esterifikasi dan transesterifikasi, maka untuk menentukan kualitasnya diperlukan pengujian *properties* dari biodiesel tersebut. Pada penelitian ini, pengujian *properties* biodiesel dilakukan di Laboratorium Energi ITS.

Tabel 4. 1 Properties Biodiesel minyak biji kemiri

Parameter Uji	Satuan	Hasil Penelitian	Penelitian lain (Pham, 2018)	MetodePengujian
Densitas	gr/cm <sup>3</sup>	0,916	0,887	ASTMD1480 – 81
Viscositas40°C	Cst	4,6-6	4,24	ASTMD445– 97
Flash Point	°C	225		ASTMD93– 00
PourPoint	°C	-18	6,3	ASTM D97–85
Nilai kalor	Cal/gr	9,387		Bomb Kalorimeter

Data dari Tabel 4.1 merupakan hasil uji *properties* biodiesel biji kemiri yang akan dianalisa hasilnya dengan mengacu pada standar nasional Indonesia tentang biodiesel untuk setiap parameternya. Analisa parameter *properties* dalam pengujian ini meliputi nilai densitas pada suhu 15°C, viskositas kinematik pada suhu 40°C, *flashpoint*, *pourpoint*, dan nilai kalori.

#### 4.1.1 Densitas (Berat Jenis)

Densitas atau yang biasa kita kenal dengan berat jenis merupakan perbandingan antara banyaknya massa dengan volume, dalam hal ini bahan bakar. Densitas dari suatu jenis bahan bakar dipengaruhi oleh temperaturnya, dimana semakin tinggi temperatur maka densitasnya semakin turun, sebaliknya jika temperatur semakin rendah maka densitasnya akan semakin tinggi. Pada pengujian bahan bakar biodiesel biji kemiri mengukur densitas pada temperatur 15°C mengacu pada SNI untuk biodiesel (Standar Nasional Indonesia). Densitas pada biodiesel biji kemiri sebesar 916 kg/m<sup>3</sup>. Nilai densitas pada biodiesel biji kemiri ini belum memenuhi standar dari SNI dimana yang memiliki batas nilai 850 – 890 kg/m<sup>3</sup>.

#### 4.1.2 Viskositas

Viskositas merupakan ukuran kekentalan dari suatu fluida yang menyatakan besar kecilnya gesekan didalam fluida, bisa juga dikatakan sebagai tahanan suatu zat cair untuk mengalir akibat gaya gravitasi. Setiap mesin memerlukan bahan bakar dengan viskositas tertentu. Nilai viskositas dari bahan bakar sangatlah berpengaruh pada proses atomisasi bahan bakar pada saat peninjeksian ke ruang bakar. Jika viskositas terlalu kecil mengakibatkan keausan pada komponen pompa injeksi dan mempercepat kerusakan pada pompa injeksi, namun jika nilai viskositas terelalu tinggi maka memiliki atomisasi yang rendah sehingga pembakaran kurang sempurna dan *engine* mengalami susah start pada awal dinyalakan. Menurut Standar Nasional Indonesia biodiesel menyebutkan bahwa viskositas dari biodiesel harus mempunyai nilai antara 2,3– 6 Cst. Nilai viskositas pada biodiesel biji kemiri menunjukan nilai sebesar 21,3 est. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa nilai viskositas dari biodiesel biji kemiri belum memenuhi standar kualitas berdasarkan SNI. Tingginya nilai viskositas yang terkandung dalam biodiesel biji kemiri dikarenakan kesalahan dalam pencampuran kadar metanol dengan katalis KOH pada proses transesterifikasi dan karakter biji kemiri sendiri yang kurang baik.

#### 4.1.3 Titik Nyala (*Flash Point*)

*Flash point* adalah temperatur pada kondisi di mana uap di atas permukaan bahan bakar (biodiesel) akan terbakar dengan cepat. *Flash Point* menunjukan kemudahan bahan bakar untuk terbakar. Makin tinggi *flash point*, maka bahan bakar semakin sulit terbakar. Menurut Standar Nasional Indonesia memiliki batas standard minimal sebesar 100°C. Pada penelitian kali ini, didapatkan nilai titik nyala dari biodiesel biji kemiri sebesar 225°C. Dapat disimpulkan bahwa biodiesel biji kemiri telah memenuhi Standar Nasional Indonesia dalam hal nilai titik nyala (*flash point*).

#### 4.1.4 Titik Tuang (*Pour Point*)

Titik tuang merupakan batas temperatur tuang dimana mulai terbentuk kristal-kristal paraffin atau berupa pengentalan yang dapat menyumbat sistem bahan bakar dan injektor. Bahan bakar dengan titik tuang yang tinggi atau mendekati temperatur normal, bahan bakar akan susah mengalir sempurna pada sistem bahan bakar dan akan mengalami atomisasi yang kurang baik yang menyebabkan pembakaran tidak sempurna. Pada biodiesel biji kemiri memiliki nilai titik tuang sebesar -18°C, dimana nilai tersebut telah memenuhi standar dari biodiesel nasional yang memiliki batas nilai maksimal sebesar 18°C.

#### 4.1.5 Nilai Kalor

Nilai kalor adalah jumlah energi yang dilepaskan ketika suatu bahan bakar dibakar secara sempurna dalam suatu proses aliran tunak (*steady*) dan produk dikembalikan lagi ke keadaan dari reaktan. Besarnya nilai kalor dari suatu bahan bakar sama dengan harga mutlak dari entalpi pembakaran bahan bakar. Nilai kalor biasanya digunakan pada bahan bakardan merupakan karakteristik dari bahan bakar tersebut. Terdapat dua jenis nilai kalor yaitu:

- a. HHV (*Higher Heating Value*), yaitu nilai kalor atas. Nilai kalor atas ditentukan pada saat H<sub>2</sub>O pada produk pembakaran berbentuk cairan.
- b. LHV (*Lower Heating Value*), yaitu nilai kalor bawah. Nilai kalor bawah ditentukan pada saat H<sub>2</sub>O pada produk pembakaran berbentuk gas.



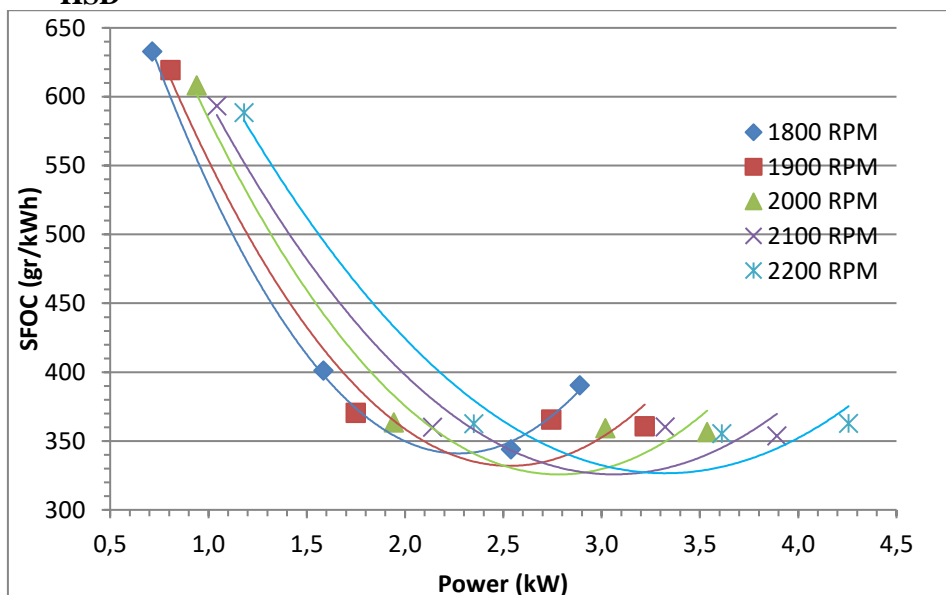
Biodiesel biji kemiri didapatkan sebesar 9387 cal/gr atau setara dengan 39.275.208 J/kg, dimana nilai tersebut telah memenuhi standard biodiesel nasional yaitu maksimal 42.398.333,316 J/kg.

## 4.2 Pengaruh Biodiesel Biji Kemiri dalam Pengujian Performansi

Pada penelitian kali ini akan dilakukan uji performansi untuk mengetahui pengaruh biodiesel biji kemiri pada mesin diesel. Penelitian ini menggunakan motor diesel Yanmar TF85-MH. Hasil dari percobaan ini nantinya akan menentukan performa motor diesel menggunakan bahan bakar biodiesel biji kemiri dan akan dibandingkan dengan bahan bakar nabati yang sudah diperjual belikan dipasaran yaitu HSD dan Biosolar. Putaran yang digunakan pada percobaan ini dimulai pada putaran 1800 rpm, sampai dengan 2200 rpm dengan variasi beban 1000 watt, 2000 watt, 3000 watt, dan 4000 watt.

Pada percobaan ini terdapat empat jenis bahan bakar yang akan digunakan. Jenis bahan bakar yang pertama menggunakan bahan bakar HSD. Jenis bahan bakar yang kedua menggunakan bahan bakar nabati yang sudah dijual dipasaran yaitu Biosolar. Jenis bahan bakar selanjutnya yaitu menggunakan antara biodiesel biji kemiri sebesar 15% dengan HSD sebesar 85% (B15) dan biji kemiri 20% campuran HSD 80% (B20). Untuk mengetahui performa dari motor diesel, diperlukan rumus perhitungan yang terdapat pada lampiran untuk analisa dan pembahasan mengenai daya, torsi, konsumsi bahan bakar spesifik (SFOC), BMEP, serta efisiensi thermal.

### 4.2.1 Perbandingan antara *Power* terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD

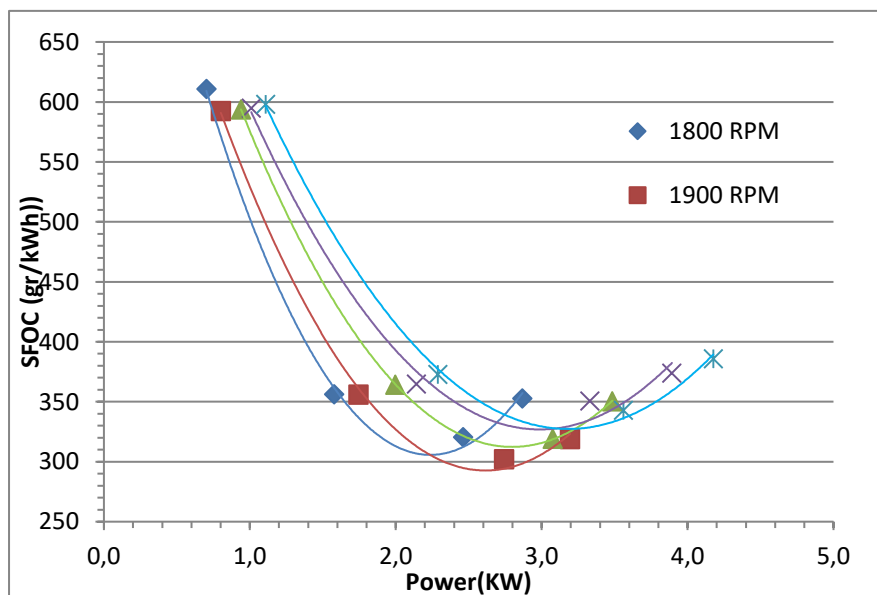


Grafik 4.1 Perbandingan *Power* terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD

Berdasarkan dari Grafik 4.1 perbandingan daya terhadap SFOC dapat disimpulkan bahwa daya terbesar dihasilkan pada beban maksimal untuk setiap putaran *engine*. Pada putaran 1800 rpm didapatkan daya terbesar sebesar 2,889 kW, pada saat

putaran 1900 rpm didapatkan daya maksimal 3,220 kW sehingga didapatkan kenaikan daya sebesar 0,331 kW. Pada putaran 2000 rpm, 2100 rpm, 2200 rpm didapat daya maksimum berturut-turut sebesar 3,537 kw, 3,892 kw, dan 4,256 kW. Terdapat kenaikan sekitar 0,3 kW atau 3-4% dari setiap peningkatan 100 rpm. Pada putaran 1800 rpm didapatkan nilai SFOC pada beban maksimum sebesar 390,5 gr/kWh, sedangkan pada putaran 1900 rpm didapatkan nilai sebesar 360,5 gr/kWh atau mengalami penurunan sebesar 30 gr/kWh. Sementara itu, pada rpm 1800, 1900, dan 2200 didapatkan SFOC pada beban maksimum berturut-turut sebesar 356,4; 353,5; dan 362,17 gr/kWh. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar putaran *engine* maka semakin menurun nilai SFOC yang didapatkan. Namun, pada putaran 2100 rpm dan 2200 rpm mengalami peningkatan nilai SFOC. Hal ini disebabkan *engine* mengalami overload. Sementara itu, titik SFOC terendah pada jenis bahan bakar solar ini berada pada 1800 RPM dengan nilai SFOC sebesar 341 gr/kWh. Titik SFOC terendah pada masing-masing RPM yaitu pada 1900 RPM dengan nilai SFOC sebesar 335 gr/kWh, 2000 RPM dengan nilai SFOC sebesar 326 gr/kWh, 2100 RPM dengan nilai SFOC sebesar 325 gr/kWh, dan 2200 RPM dengan nilai SFOC sebesar 326 gr/kWh. Titik lembah lengkung (SFOC terendah) pada masing-masing RPM dijadikan nilai untuk membuat grafik putaran mesin terhadap daya pada kondisi *full load* untuk bahan bakar HSD.

#### 4.2.2 Perbandingan antara *Power* terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar Biosolar

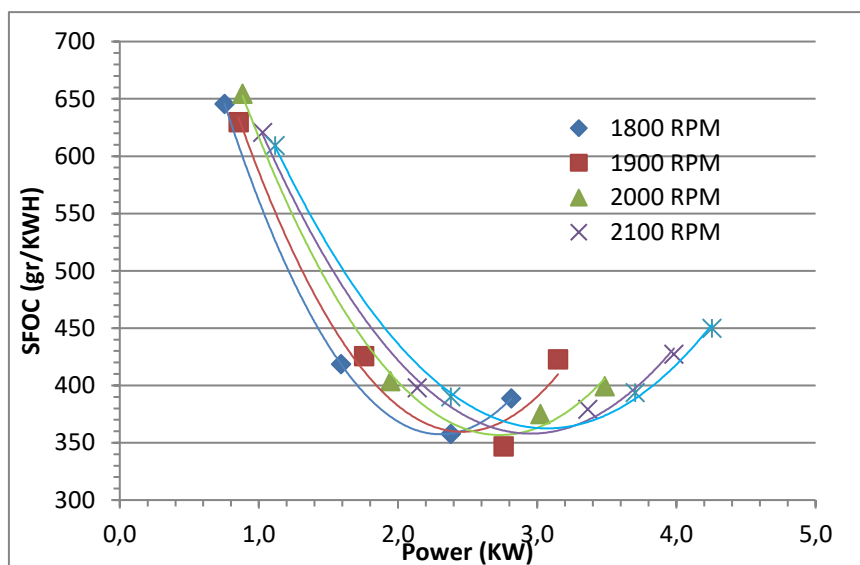


Grafik 4.2 Perbandingan *Power* terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar Biosolar

Berdasarkan dari Grafik 4.2 perbandingan *power* terhadap SFOC dapat disimpulkan bahwa daya terbesar dihasilkan pada beban maksimal untuk setiap putaran *engine*. Pada putaran 1800 rpm didapatkan daya terbesar sebesar 2,869 kW, pada saat putaran 1900 rpm didapatkan daya maksimal 3,195 kW sehingga

didapatkan kenaikan daya sebesar 0,326 kW. Pada putaran 2000 rpm, 2100 rpm, 2200 rpm didapat daya maksimum berturut-turut sebesar 3,485 kw, 3,893 kw, dan 4,177 kw. Terdapat kenaikan sekitar 0,3 kW atau 3-4% dari setiap peningkatan 100 rpm. Sementara itu, titik SFOC terendah pada jenis bahan bakar biosolar ini berada pada putaran 1900 rpm dengan nilai SFOC sebesar 335 gr/kWh. Titik SFOC terendah pada masing-masing RPM yaitu pada 1800 RPM dengan nilai SFOC sebesar 322 gr/kWh, 2000 RPM dengan nilai SFOC sebesar 319,2 gr/kWh, 2100 RPM dengan nilai SFOC sebesar 337 gr/kWh, dan 2200 RPM dengan nilai SFOC sebesar 326 gr/kWh. Titik lembah lengkung (SFOC terendah) pada masing-masing RPM dijadikan nilai untuk membuat grafik putaran mesin terhadap daya pada kondisi *full load* untuk bahan bakar biosolar.

#### 4.2.3 Perbandingan antara Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar Biodiesel Biji Kemiri (B15)

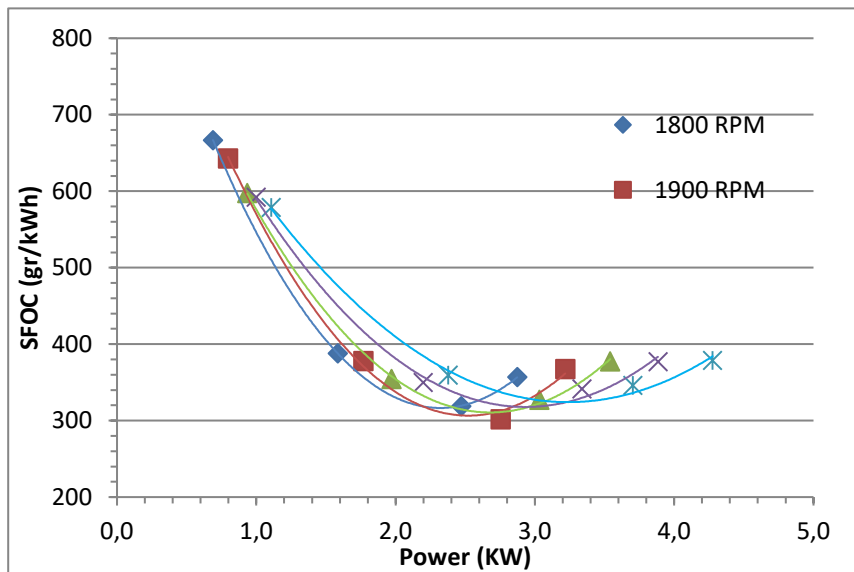


Grafik 4.3 Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar Biodiesel Biji Kemiri (B15)

Berdasarkan dari Grafik 4.3 perbandingan *power* terhadap SFOC dapat disimpulkan bahwa daya terbesar dihasilkan pada beban maksimal untuk setiap putaran *engine*. Pada putaran 1800 rpm didapatkan daya terbesar sebesar 2,813 kW, pada saat putaran 1900 rpm didapatkan daya maksimal 3,149 kW sehingga didapatkan kenaikan daya sebesar 0,336 kW. Pada putaran 2000 rpm, 2100 rpm, 2200 rpm didapat daya maksimum berturut-turut sebesar 3,484 kw, 3,982 kw, dan 4,254 kW. Terdapat kenaikan sekitar 0,3 kW atau 3-4% dari setiap peningkatan 100 rpm. Sementara itu, titik SFOC terendah pada jenis bahan bakar biodiesel B15 kemiri ini berada pada putaran 1900 rpm dengan nilai SFOC sebesar 364 gr/kWh. Titik SFOC terendah pada masing-masing RPM yaitu pada 1800 RPM dengan nilai SFOC sebesar 357 gr/kWh, 2000 RPM dengan nilai SFOC sebesar 358 gr/kWh, 2100 RPM dengan nilai SFOC sebesar 364 gr/kWh, dan 2200 RPM dengan nilai SFOC sebesar 354 gr/kWh. Titik lembah lengkung (SFOC terendah) pada masing-masing RPM

dijadikan nilai untuk membuat grafik putaran mesin terhadap daya pada kondisi *full load* untuk bahan bakar biodiesel B15 kemiri.

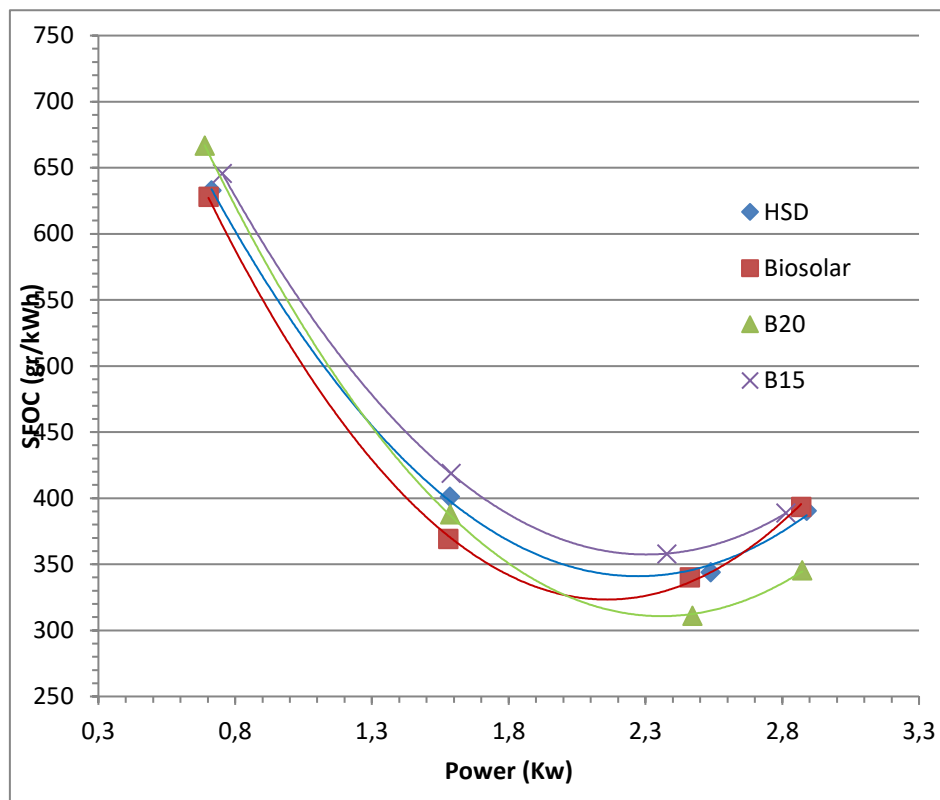
#### 4.2.4 Perbandingan antara *Power* terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar Biodiesel Biji Kemiri (B20)



Grafik 4.4 Perbandingan *Power* terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar Biodiesel Biji Kemiri (B20)

Berdasarkan dari Grafik 4.4 perbandingan *power* terhadap SFOC dapat disimpulkan bahwa daya terbesar dihasilkan pada beban maksimal untuk setiap putaran *engine*. Pada putaran 1800 rpm didapatkan daya terbesar sebesar 2,873 kW, pada saat putaran 1900 rpm didapatkan daya maksimal 3,217 kW sehingga didapatkan kenaikan daya sebesar 0,344 kW. Pada putaran 2000 rpm, 2100 rpm, 2200 rpm didapat daya maksimum berturut-turut sebesar 3,541 kw, 3,916 kw, dan 4,276 kW. Terdapat kenaikan sekitar 0,3 kW atau 3-4% dari setiap peningkatan 100 rpm. Sementara itu, titik SFOC terendah pada jenis bahan bakar biodiesel B20 kemiri ini berada pada putaran 1800 rpm dengan nilai SFOC sebesar 308 gr/kWh. Titik SFOC terendah pada masing-masing RPM yaitu pada 1900 RPM dengan nilai SFOC sebesar 309 gr/kWh, 2000 RPM dengan nilai SFOC sebesar 327,3 gr/kWh, 2100 RPM dengan nilai SFOC sebesar 298 gr/kWh, dan 2200 RPM dengan nilai SFOC sebesar 311 gr/kWh. Titik lembah lengkung (SFOC terendah) pada masing-masing RPM dijadikan nilai untuk membuat grafik putaran mesin terhadap daya pada kondisi *full load* untuk bahan bakar biodiesel B20 kemiri.

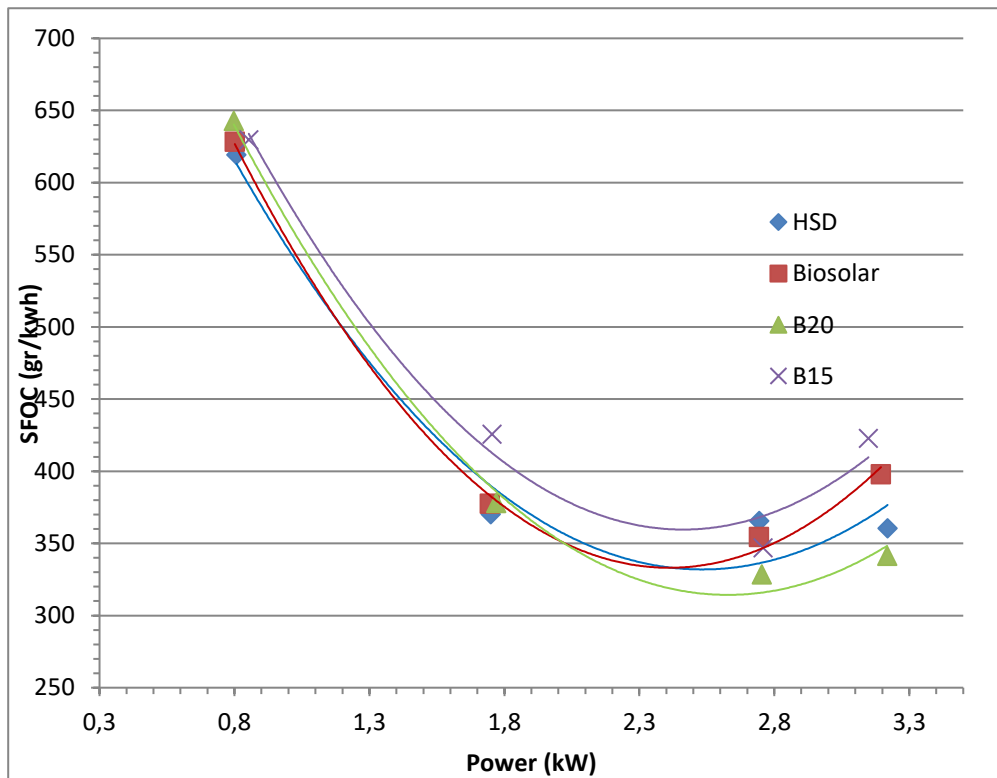
#### 4.2.5 Perbandingan Antara Power terhadap SFOC pada Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15, dan B20 Biji Kemiri Pada RPM 1800



Grafik 4. 5 Perbandingan *Power* terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, Biodiesel B15 kemiri, Biodiesel B20 Kemiri pada 1800 RPM

Dari Grafik 4.5 Perbandingan *Power* terhadap SFOC pada jenis bahan bakar Solar, Biosolar, Biodiesel B15Kemiri, dan biodiesel B20 Kemiri pada 1800 rpm, nilai SFOC terendah didapat pada bahan bakar B20 biji kemiri dengan nilai sebesar 319,1 gr/kWh lebih rendah 1,4 gr/kWh dibandingkan bahan bakar biosolar sebesar 320,5 gr/kWh. Sedangkan untuk bahan bakar B15 (Biji Kemiri) didapatkan nilai SFOC terendah sebesar 357,7 gr/kWh lebih besar 13,8 gr/kWh dibandingkan dengan bahan bakar Solar yaitu 343,9 gr/kWh. SFOC tertinggi juga didapat pada bahan bakar B20 (Biji Kemiri) dengan nilai SFOC sebesar 666,8 gr/kWh.

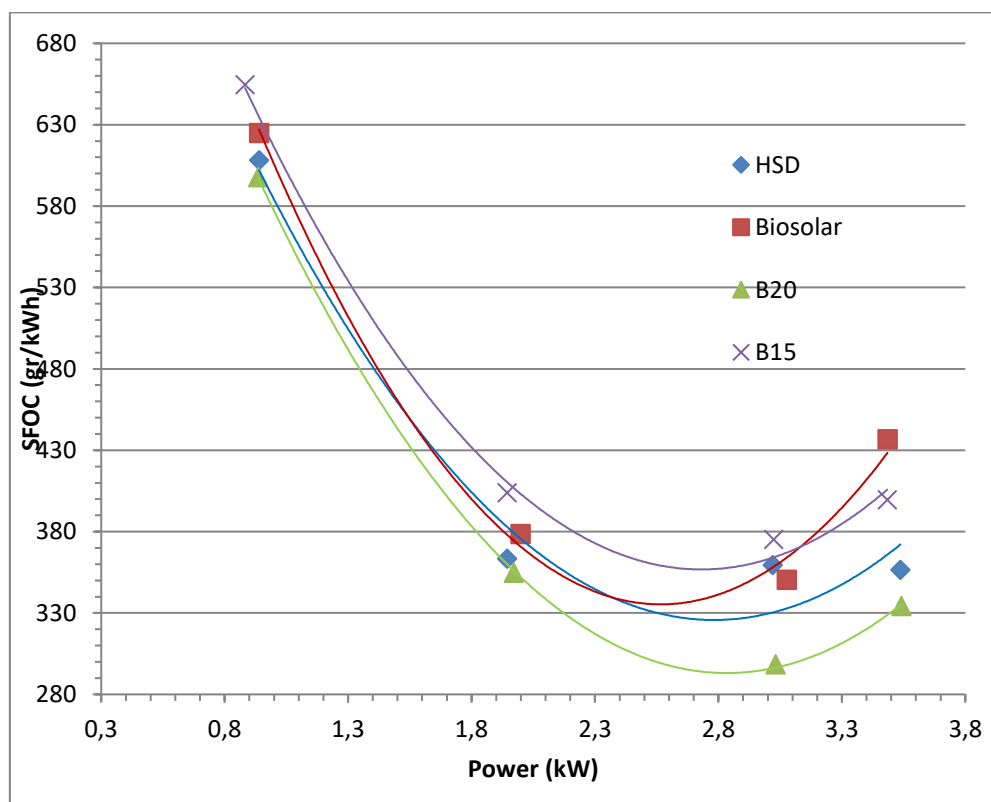
#### 4.2.6 Perbandingan Antara Power terhadap SFOC pada Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15, dan B20 Biji Kemiri Pada RPM 1900



Grafik 4. 6 Perbandingan *Power* terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, Biodiesel B15 kemiri, Biodiesel B20 Kemiri pada 1900 rpm

Dari Grafik 4.6 perbandingan *Power* terhadap SFOC pada jenis bahan bakar Solar, Biosolar, Biodiesel B15 Kemiri, dan biodiesel B20 Kemiri pada 1900 rpm, nilai SFOC terendah didapat pada bahan bakar biosolar dengan nilai sebesar 318,7 gr/kWh lebih rendah 9,9 gr/kWh dibandingkan bahan bakar biodiesel b20 kemiri sebesar 329,6 gr/kWh. Sedangkan untuk bahan bakar B15 (Biji Kemiri) didapatkan nilai SFOC terendah sebesar 346,8 gr/kWh lebih rendah 13,5 gr/kWh dibandingkan dengan bahan bakar Solar yaitu 360,5 gr/kWh. Sementara itu, SFOC tertinggi didapat pada bahan bakar B20 (Biji Kemiri) dengan nilai SFOC sebesar 642,8 gr/kWh.

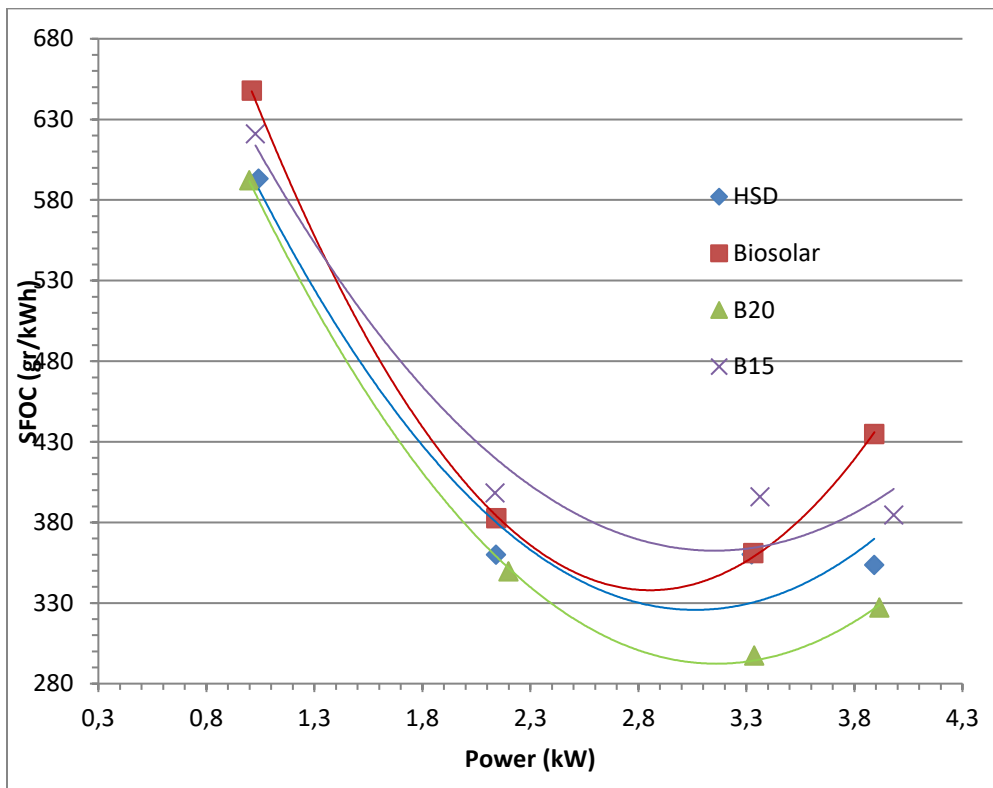
#### 4.2.7 Perbandingan Antara Power terhadap SFOC pada Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15, dan B20 Biji Kemiri Pada RPM 2000



Grafik 4. 7 Perbandingan *Power* terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, Biodiesel B15 kemiri, Biodiesel B20 Kemiri pada 2000 rpm

Dari Grafik 4.7 perbandingan *Power* terhadap SFOC pada jenis bahan bakar Solar, Biosolar, Biodiesel B15 Kemiri, dan biodiesel B20 Kemiri pada 2000 rpm, nilai SFOC terendah didapat pada bahan bakar biosolar dengan nilai sebesar 319,2 gr/kWh lebih rendah 8,1 gr/kWh dibandingkan bahan bakar biodiesel B20 kemiri sebesar 327,3 gr/kWh. Sedangkan untuk bahan bakar B15 (Biji Kemiri) didapatkan nilai SFOC terendah sebesar 375,1 gr/kWh lebih besar 18,8 gr/kWh dibandingkan dengan bahan bakar Solar yaitu 356,3 gr/kWh. Sementara itu, SFOC tertinggi didapat pada bahan bakar B15 (Biji Kemiri) dengan nilai SFOC sebesar 620,9 gr/kWh.

#### 4.2.8 Perbandingan Antara Power terhadap SFOC pada Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15, dan B20 Biji Kemiri Pada RPM 2100

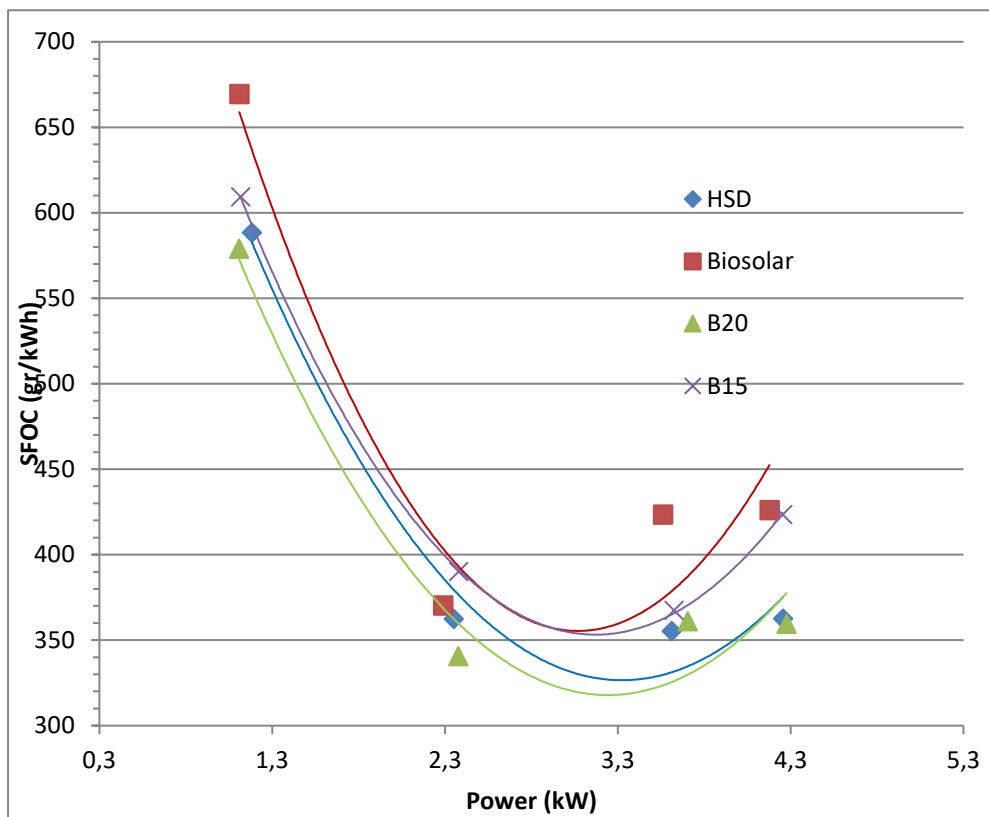


Grafik 4. 8 Perbandingan *Power* terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, Biodiesel B15 kemiri, Biodiesel B20 Kemiri pada 2100 rpm

Dari Grafik 4.8 perbandingan *Power* terhadap SFOC pada jenis bahan bakar Solar, Biosolar, Biodiesel B15 Kemiri, dan biodiesel B20 Kemiri pada 2100 rpm, nilai SFOC terendah didapat pada bahan bakar biosolar dengan nilai sebesar 350,59 gr/kWh lebih rendah 4,0 gr/kWh dibandingkan bahan bakar biodiesel B20 kemiri sebesar 354,5 gr/kWh. Sedangkan untuk bahan bakar B15 (Biji Kemiri) didapatkan nilai SFOC terendah sebesar 379,3 gr/kWh lebih besar 25,8 gr/kWh dibandingkan dengan bahan bakar Solar yaitu 353,5 gr/kWh. Sementara itu, SFOC tertinggi didapat pada bahan bakar B15 (Biji Kemiri) dengan nilai SFOC sebesar 620,9 gr/kWh.



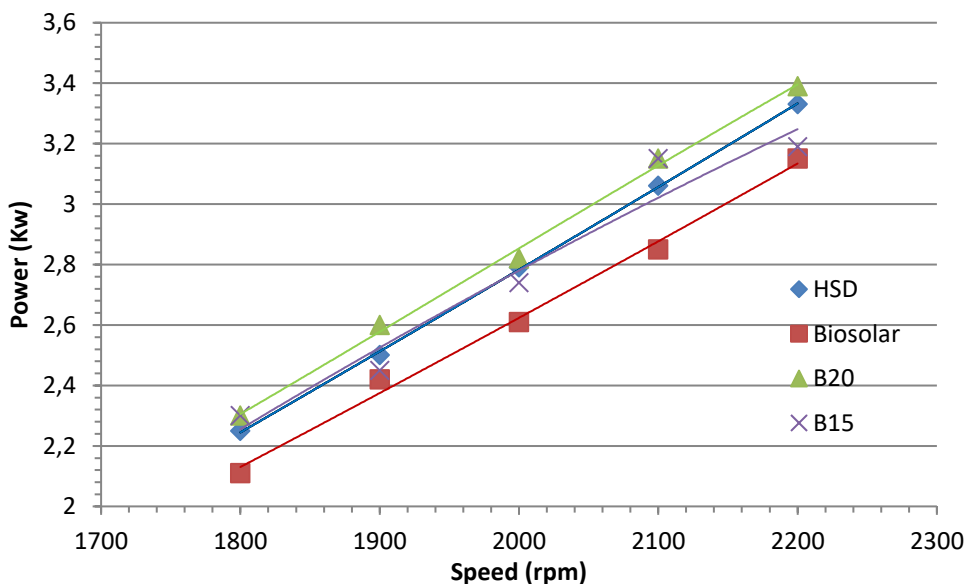
#### 4.2.9 Perbandingan Antara Power terhadap SFOC pada Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15, dan B20 Biji Kemiri Pada RPM 2200



Grafik 4. 9 Perbandingan *Power* terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, Biodiesel B15 kemiri, Biodiesel B20 Kemiri pada 2200 rpm

Dari Grafik 4.9 perbandingan *Power* terhadap SFOC pada jenis bahan bakar Solar, Biosolar, Biodiesel B15 Kemiri, dan biodiesel B20 Kemiri pada 2200 rpm, nilai SFOC terendah didapat pada bahan bakar biosolar dengan nilai sebesar 342,89 gr/kWh lebih rendah 3,11 gr/kWh dibandingkan bahan bakar biodiesel B20 kemiri sebesar 346,1 gr/kWh. Sedangkan untuk bahan bakar B15 (Biji Kemiri) didapatkan nilai SFOC terendah sebesar 370,1 gr/kWh lebih besar 14,8 gr/kWh dibandingkan dengan bahan bakar Solar yaitu 355,3 gr/kWh. Sementara itu, SFOC tertinggi didapat pada bahan bakar B15 (Biji Kemiri) dengan nilai SFOC sebesar 609,35 gr/kWh.

#### 4.2.10 Perbandingan antara Putaran *Engine* terhadap Power pada Kondisi Full Load untuk Semua Jenis Bahan Bakar

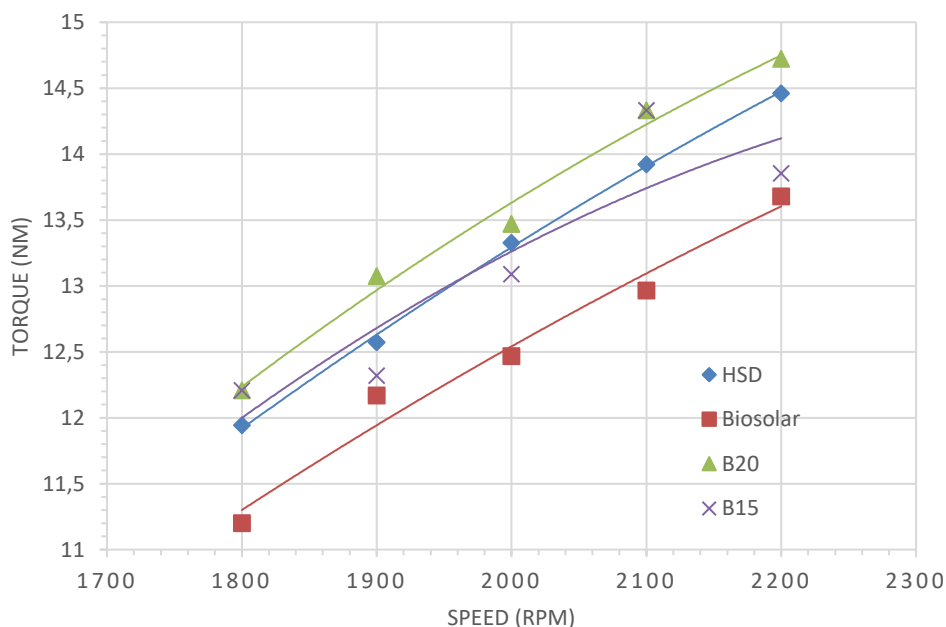


Grafik 4. 10 Perbandingan antara Putaran *Engine* terhadap Power pada Kondisi Full Load untuk Semua Jenis Bahan Bakar

Berdasarkan dari Grafik 4.10 perbandingan antara Putaran *Engine* terhadap *power* pada kondisi *full load* untuk semua jenis bahan bakar, merupakan grafik perbandingan performansi putaran mesin terhadap power pada semua jenis bahan bakar. Nilai ini didapat dari titik SFOC paling rendah yang telah dijelaskan pada grafik-grafik sebelumnya. Didapatkan daya tertinggi atau maksimum pada putaran 2200 rpm pada setiap bahan bakar. Dengan menggunakan bahan bakar Solar didapatkan daya maksimum sebesar 3,33 kW, Biosolar menghasilkan daya maksimum sebesar 3,15 kW, B15 (Biji Kemiri) menghasilkan daya maksimum sebesar 3,19 kW, dan B20 (Biji Kemiri) menghasilkan daya maksimum sebesar 3,39 kW atau merupakan yang tertinggi dibanding bahan bakar lain. Dari percobaan menggunakan empat jenis bahan bakar tersebut, didapatkan daya dengan kenaikan kurang lebih konstan sekitar 0,2-0,3 dalam setiap kenaikan 100 rpm

Pada putaran 1800 rpm terlihat bahan bakar B15 dan B20 memiliki nilai daya maksimum yang lebih besar dibanding bahan bakar lainnya sebesar 2,3 kW disusul HSD 2,25 kW dan terakhir biodiesel biosolar sebesar 2,11 kW. Pada putaran 1900 rpm, terlihat B20 kemiri mengalami kenaikan yang signifikan sebesar 0,3 kW dan menjadi daya paling tinggi yang dihasilkan dibanding bahan bakar lain dengan urutan B20, HSD, B15, dan Biosolar. Saat putaran mesin di 2000 RPM semua bahan bakar mengalami kenaikan yang kurang lebih sama sekitar 0,3 kW dengan biodiesel B20 tetap memiliki nilai daya paling tinggi dan lalu pada putaran 2100 rpm power daya tertinggi dihasilkan oleh B20 dan B15 dengan nilai daya 3,15 kW disusul HSD dengan 3,06 kW lalu biosolar sebesar 2,85 kW.

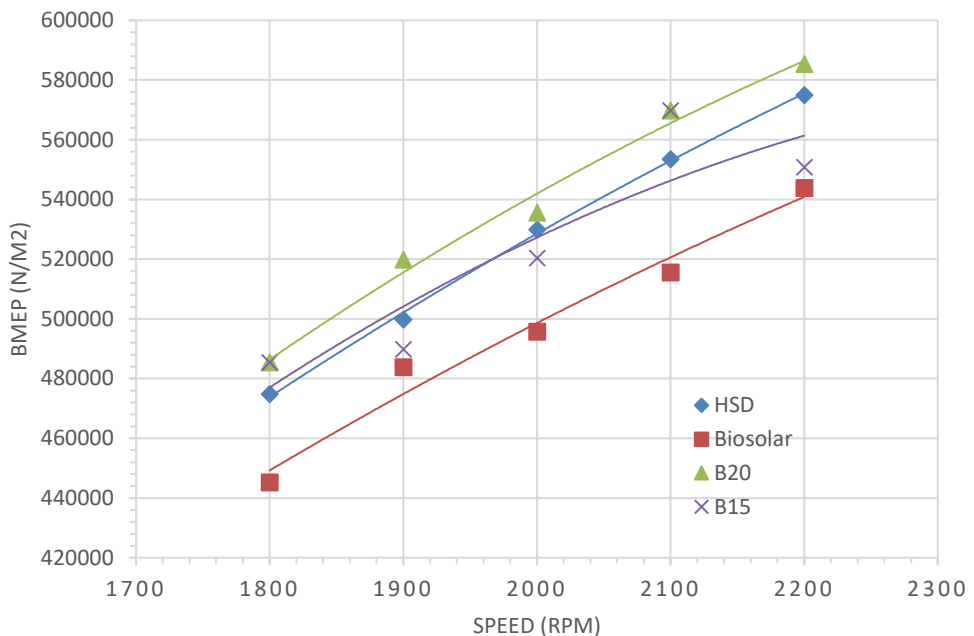
#### 4.2.11 Perbandingan Antara Putaran Mesin terhadap Torsi pada kondisi full load untuk semua jenis bahan bakar



Grafik 4. 11 Perbandingan Antara Putaran Mesin terhadap Torsi pada kondisi *full load* untuk semua jenis bahan bakar

Berdasarkan pada grafik 4.11 Perbandingan Antara Putaran Mesin terhadap Torsi pada kondisi full load untuk semua jenis bahan bakar, dimana nilainya didapatkan dari perhitungan daya yang didapat pada kondisi full load untuk setiap masing-masing kecepatan. Torsi tertinggi atau torsi puncak didapatkan pada putaran 2200 rpm, dimana dapat dilihat nilai torsi tertinggi didapatkan oleh bahan bakar biodiesel B20 dengan nilai sebesar 14,7 Nm, disusul HSD dengan nilai 14,4, lalu B15 sebesar 13,8 Nm, dan terakhir biosolar sebesar 13,6. Dari percobaan menggunakan empat jenis bahan bakar tersebut juga dapat dilihat jelas bahwa biodiesel Kemiri B20 memiliki nilai lebih tinggi untuk setiap kecepatan, sementara biosolar terlihat memiliki nilai torsi paling rendah untuk setiap kecepatan. Untuk bahan bakar B15, terlihat memiliki torsi lebih tinggi daripada HSD pada kecepatan 1800 dan 1900, namun pada saat kecepatan 200, 2100, dan 2200 rpm nilai torsi yang dihasilkan HSD lebih tinggi daripada B15 kemiri.

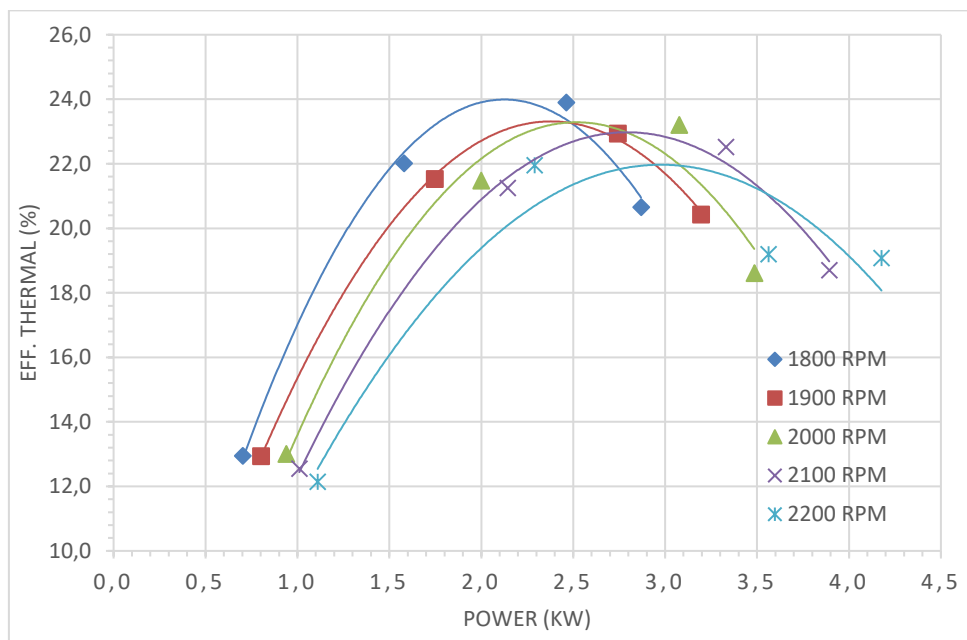
#### 4.2.12 Perbandingan Antara Putaran Engine dengan BMEP untuk semua jenis bahan bakar.



Grafik 4. 12 Perbandingan antara Putaran *Engine* dengan BMEP pada kondisi *full load* untuk semua jenis bahan bakar.

Berdasarkan dari grafik 4.12 Perbandingan antara Putaran Engine dengan BMEP pada kondisi full load untuk semua jenis bahan bakar dimana nilainya juga didapatkan dari daya pada saat kondisi full load. Dari grafik bisa dilihat bahwa hasilnya kurang lebih sama dengan grafik torsi vs speed, karena BMEP dan daya memiliki nilai yang berbanding lurus. Dari percobaan menggunakan empat jenis bahan bakar tersebut, didapatkan BMEP terbesar dihasilkan bahan bakar B20 kemiri pada setiap kecepatan, dan BMEP paling rendah dihasilkan biosolar pada setiap kecepatan. Sementara untuk bahan bakar B15, terlihat memiliki BMEP lebih tinggi daripada HSD pada kecepatan 1800, namun pada saat kecepatan 1900, 2000, 2100, dan 2200 rpm nilai BMEP yang dihasilkan HSD lebih tinggi daripada B15 kemiri.

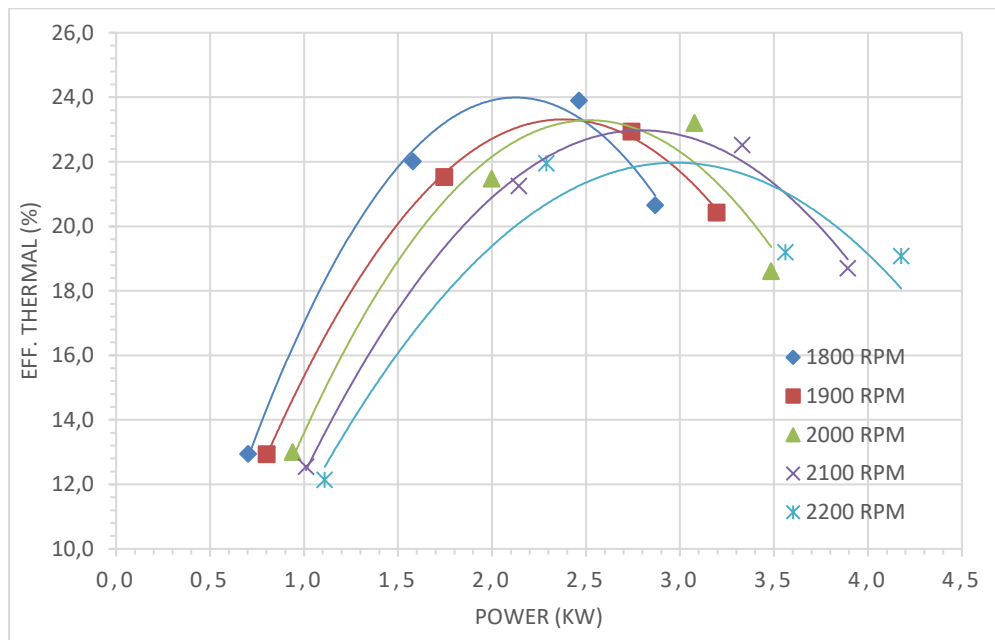
#### 4.2.13 Perbandingan antara Power terhadap Eff. Thermal pada Jenis Bahan Bakar HSD



Grafik 4. 13 Perbandingan antara *Power* terhadap Eff. Thermal pada Jenis Bahan Bakar HSD

Berdasarkan dari Grafik 4.13 Perbandingan antara *Power* terhadap Eff. Thermal pada Jenis Bahan Bakar HSD dimana nilai efisiensi thermal terendah berada pada saat nilai SFOC tertinggi pada setiap putaran *engine*. Pada saat putaran *engine* 1800 rpm, nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 23,63% pada loada 75%, sedangkan pada putaran 1900 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 22,5% pada load 100%. Pada putaran 2000 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 22,8% pada load 100%. Putaran 2100 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 22,9% pada load 100%. %. Putaran 2200 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 22,8% pada load 75%. Maka dapat dilihat dari grafik terjadi penurunan nilai efisiensi thermal dari putaran 1800 rpm ke 1900 rpm sebesar 1,1%. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi putaran pada *engine* maka efisiensi thermal semakin tinggi. Namun, pada putaran 2100 rpm dan 2200rpm efisiensi thermal mengalami penurunan dikarenakan *engine* mengalami overload.

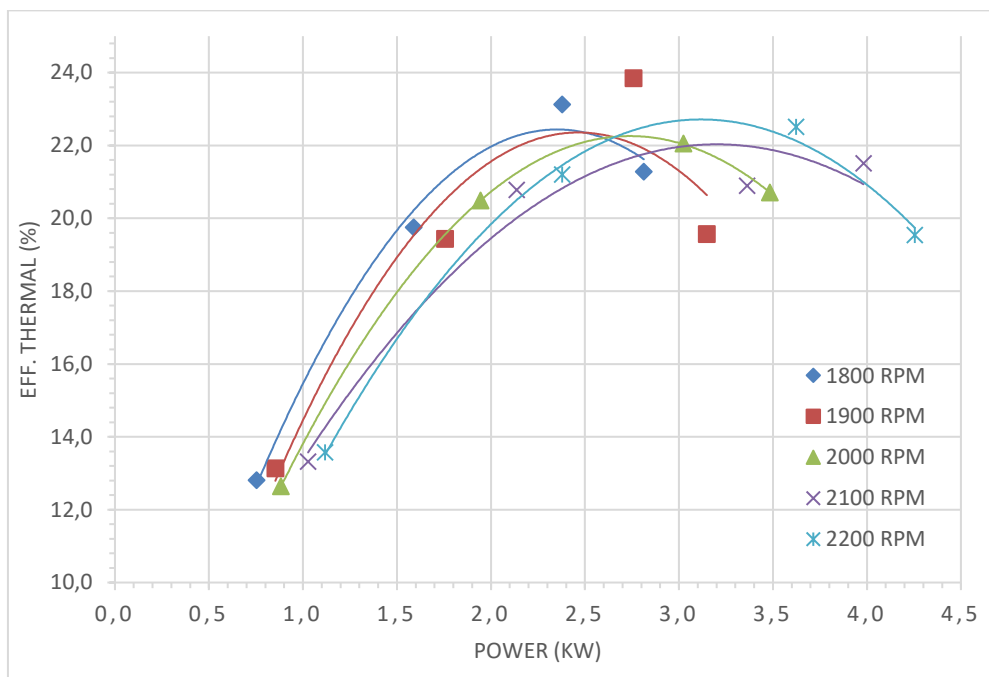
#### 4.2.14 Perbandingan antara Power terhadap Eff. Thermal pada Jenis Bahan Bakar Biosolar



Grafik 4. 14 Perbandingan antara *Power* terhadap Eff. Thermal pada Jenis Bahan Bakar Biosolar

Berdasarkan dari Grafik 4.14 Perbandingan antara *Power* terhadap Eff. Thermal pada Jenis Bahan Bakar Biosolar dimana nilai efisiensi thermal tertinggi berada pada saat nilai SFOC terendah pada setiap putaran *engine*. Pada saat putaran *engine* 1800 rpm, nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 23,1% pada load 75%, sedangkan pada putaran 1900 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 23,8% pada load 75%. Pada putaran 2000 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 22,1% pada load 75%. Putaran 2100 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 21,5% pada load 100%. Putaran 2200 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 22,5% pada load 50%. Dilihat dari grafik dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi putaran pada *engine* maka efisiensi thermal semakin tinggi. Namun, pada putaran 2100 rpm dan 2200 rpm efisiensi thermal mengalami penurunan dikarenakan *engine* mengalami overload.

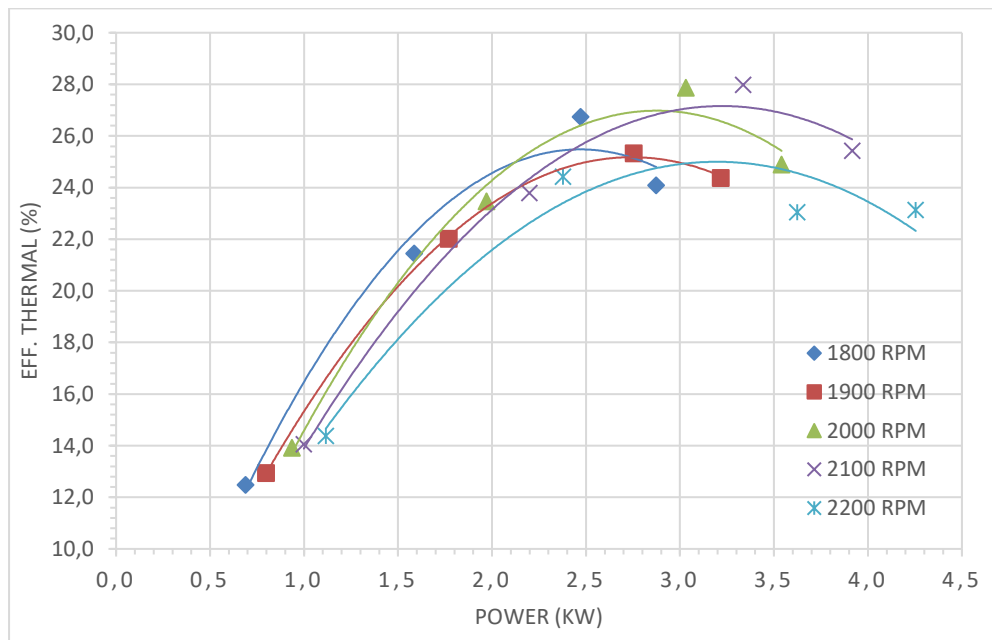
#### 4.2.15 Perbandingan antara Power terhadap Eff. Thermal pada Jenis Bahan Bakar B15 Biji Kemiri



Grafik 4. 15 Perbandingan antara *Power* terhadap Eff. Thermal pada Jenis Bahan Bakar B15 Kemiri

Berdasarkan dari Grafik 4.15 Perbandingan antara *Power* terhadap Eff. Thermal pada Jenis Bahan Bakar HSD dimana nilai efisiensi thermal terendah berada pada saat nilai SFOC tertinggi pada setiap putaran *engine*. Pada saat putaran *engine* 1800 rpm, nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 23,89% pada load 75%, sedangkan pada putaran 1900 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 22,9% pada load 75%. Pada putaran 2000 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 22,8% pada load 100%. Putaran 2100 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 23,1% pada load 75%. Putaran 2200 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 21,9% pada load 75%. Dilihat dari grafik dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi putaran pada *engine* maka efisiensi thermal semakin tinggi. Namun, pada putaran 2100 rpm dan 2200 rpm efisiensi thermal mengalami penurunan dikarenakan *engine* mengalami overload.

#### 4.2.16 Perbandingan antara *Power* terhadap *Eff. Thermal* pada Jenis Bahan Bakar B20 Biji Kemiri

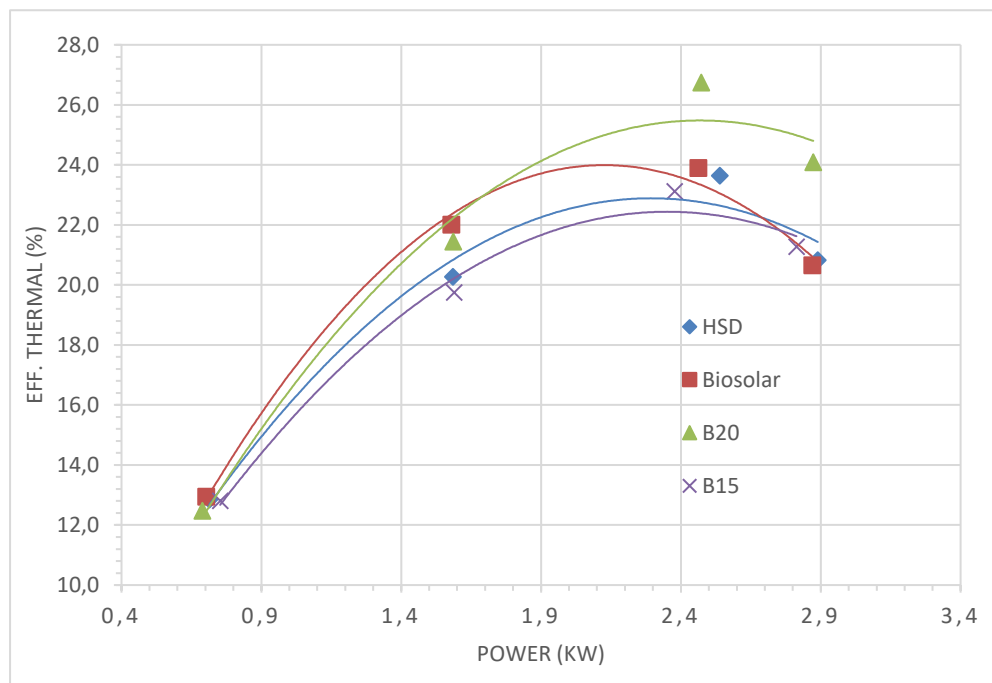


Grafik 4. 16 Perbandingan antara *Power* terhadap *Eff. Thermal* pada Jenis Bahan Bakar B20 Kemiri

Berdasarkan dari Grafik 4.15 Perbandingan antara *Power* terhadap *Eff. Thermal* pada Jenis Bahan Bakar B20 kemiri dimana nilai efisiensi thermal tertinggi berada pada saat nilai SFOC terendah pada setiap putaran *engine*. Pada saat putaran *engine* 1800 rpm, nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 26,7% pada load 75%, sedangkan pada putaran 1900 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 25,3% pada load 75%. Pada putaran 2000 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 27,8% pada load 75%. Putaran 2100 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 27,9% pada load 75%. Putaran 2200 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 23,1% pada load 50%. Dilihat dari grafik dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi putaran pada *engine* maka efisiensi thermal semakin tinggi. Namun, pada putaran 2100 rpm dan 2200 rpm efisiensi thermal mengalami penurunan dikarenakan *engine* mengalami overload.



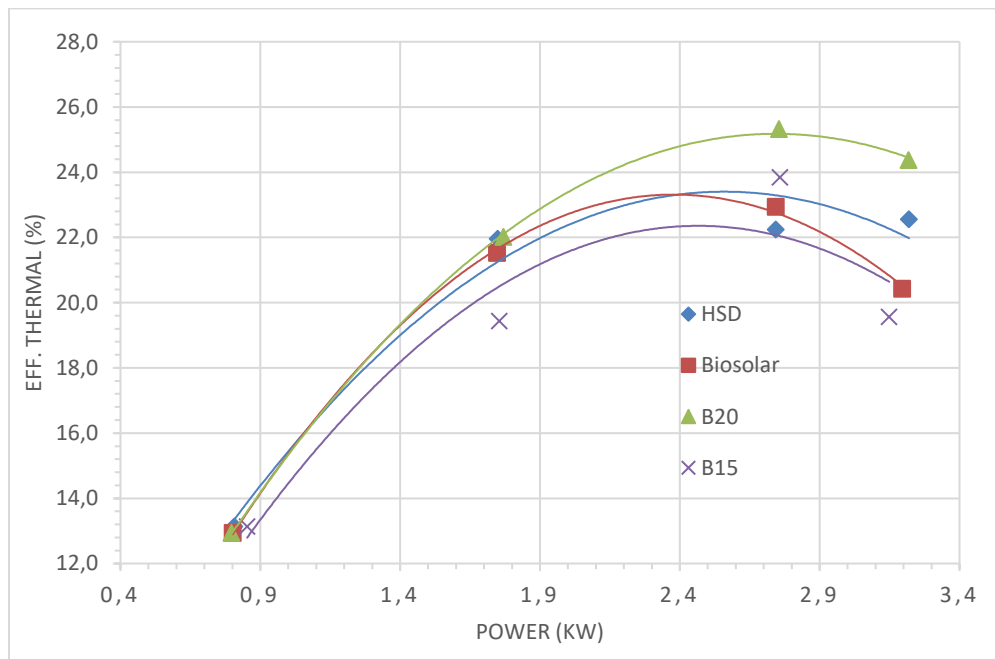
#### 4.2.17 Perbandingan antara *Power* terhadap *Eff. Thermal* pada putaran 1800 rpm untuk Semua Jenis Bahan Bakar



Grafik 4. 17 Perbandingan antara *Power* terhadap *Eff. Thermal* pada putaran 1800 rpm untuk Semua Jenis Bahan Bakar

Berdasarkan dari Grafik 4. 17 Perbandingan antara *Power* terhadap *Eff. Thermal* pada putaran 1800 rpm untuk semua jenis Bahan Bakar, dapat dilihat bahan bakar B20 (Biji Kemiri) memiliki efisiensi thermal paling tinggi sebesar 27,87% saat load 75% dibandingkan bahan bakar lainnya. Nilai efisiensi thermal terendah juga terdapat pada B20 kemiri sebesar 12,4% dibanding bahan bakar lainnya dengan selisih sekitar 0,4-0,7%. Sementara itu, nilai efisiensi thermal bahan bakar B15 (Biji Kemiri) memiliki nilai efisiensi thermal tertinggi sebesar 23,1% atau merupakan yang terendah dibandingkan dengan biosolar yang memiliki nilai efisiensi thermal tertinggisebesar 23,8%. Sementara HSD, berada diantaranya dengan nilai efisiensi thermal tertinggi sebesar 23,6%

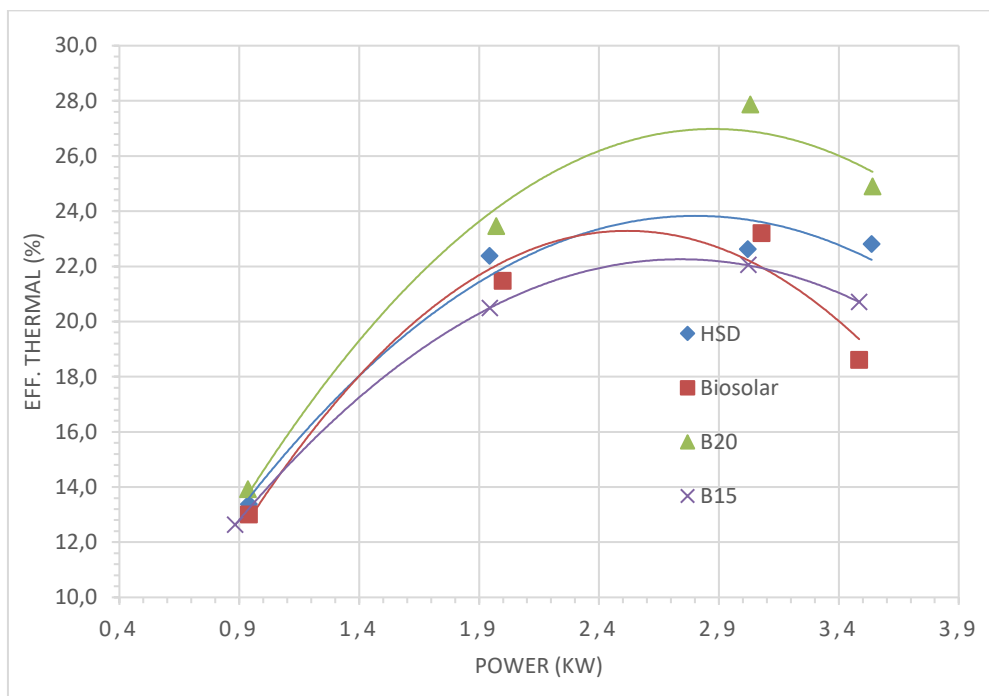
#### 4.2.18 Perbandingan antara Power terhadap Eff. Thermal pada putaran 1900 rpm untuk Semua Jenis Bahan Bakar



Grafik 4. 18 Perbandingan antara Power terhadap Eff. Thermal pada putaran 1900 rpm untuk Semua Jenis Bahan Bakar

Berdasarkan dari Grafik 4. 18 Perbandingan antara Power terhadap Eff. Thermal pada putaran 1800 rpm untuk semua jenis Bahan Bakar, dapat dilihat bahan bakar B20 (Biji Kemiri) memiliki efisiensi thermal paling tinggi sebesar 25,3% saat load 75% dibandingkan bahan bakar lainnya. Nilai efisiensi thermal terendah juga terdapat pada B20 kemiri sebesar 12,4% dibanding bahan bakar lainnya dengan selisih sekitar 0,4-0,7% saat load 25%. Sementara itu, nilai efisiensi thermal bahan bakar B15 (Biji Kemiri) memiliki nilai efisiensi thermal tertinggi sebesar 23,8% atau lebih tinggi dari biosolar maupun HSD yang hanya memiliki nilai efisiensi termal tertinggi sebesar 22,9% dan 22,5%.

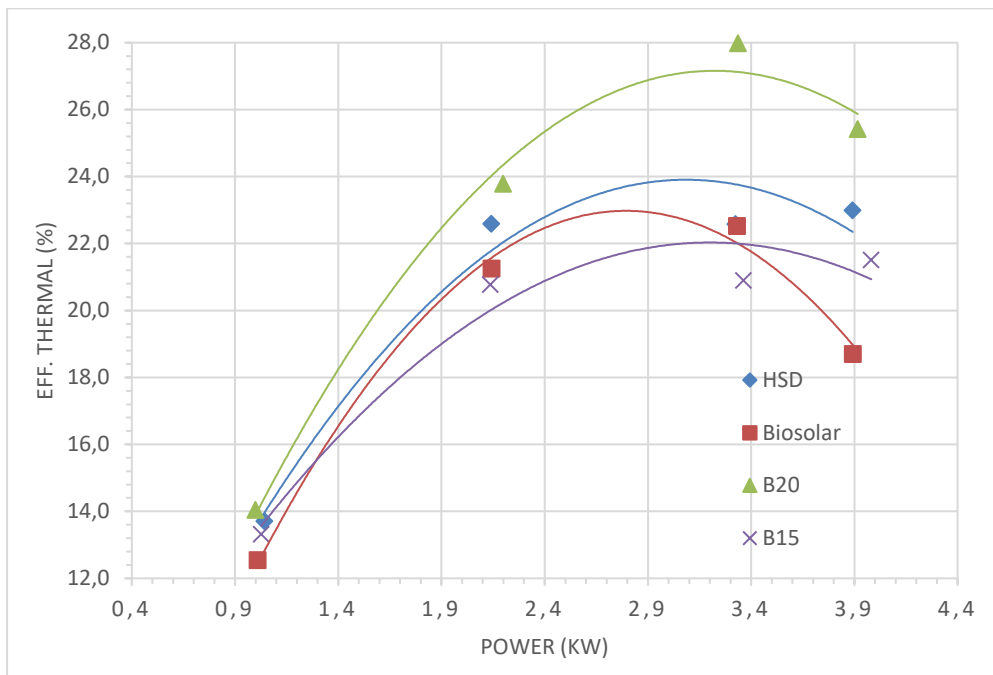
#### 4.2.19 Perbandingan antara Power terhadap Eff. Thermal pada putaran 2000 rpm untuk Semua Jenis Bahan Bakar



Grafik 4. 19 Perbandingan antara Power terhadap Eff. Thermal pada putaran 2000 rpm untuk Semua Jenis Bahan Bakar

Berdasarkan dari Grafik 4. 19 Perbandingan antara Power terhadap Eff. Thermal pada putaran 1800 rpm untuk semua jenis Bahan Bakar, dapat dilihat bahan bakar B20 (Biji Kemiri) memiliki efisiensi thermal paling tinggi sebesar 27,87% saat load 75% dibandingkan bahan bakar lainnya. Sedangkan nilai efisiensi thermal terendah terdapat pada B15 kemiri sebesar 12,6% dibanding bahan bakar lainnya dengan selisih sekitar 0,4-0,7%. Sementara itu, nilai efisiensi thermal bahan bakar B15 (Biji Kemiri) memiliki nilai efisiensi thermal tertinggi sebesar 22,1% atau merupakan yang terendah dibandingkan dengan biosolar yang memiliki nilai efisiensi thermal tertinggi sebesar 23,2%. Sementara bahan bakar HSD, berada diantaranya dengan nilai efisiensi thermal tertinggi sebesar 22,8%.

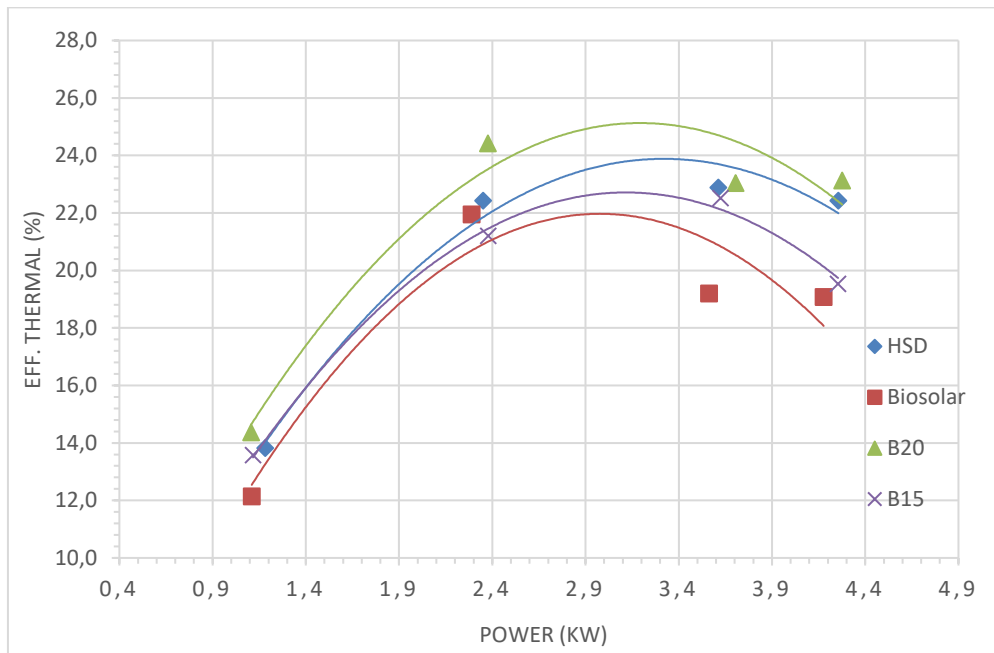
#### 4.2.20 Perbandingan antara *Power* terhadap *Eff. Thermal* pada putaran 2100 rpm untuk Semua Jenis Bahan Bakar



Grafik 4. 20 Perbandingan antara *Power* terhadap *Eff. Thermal* pada putaran 2100 rpm untuk Semua Jenis Bahan Bakar

Berdasarkan dari Grafik 4. 20 Perbandingan antara *Power* terhadap *Eff. Thermal* pada putaran 2100 rpm untuk semua jenis Bahan Bakar, dapat dilihat bahan bakar B20 (Biji Kemiri) memiliki efisiensi thermal paling tinggi sebesar 27,9% saat load 75% dibandingkan bahan bakar lainnya. Sedangkan nilai efisiensi thermal terendah terdapat pada Biosolar sebesar 12,5% dibanding bahan bakar lainnya dengan selisih sekitar 0,4-0,7%. Sementara itu, nilai efisiensi thermal bahan bakar B15 (Biji Kemiri) memiliki nilai efisiensi thermal tertinggi sebesar 21,5% pada load 100% atau merupakan yang terendah dibandingkan dengan biosolar yang memiliki nilai efisiensi thermal tertinggi sebesar 22,5%. Sementara bahan bakar HSD, memiliki nilai efisiensi thermal tertinggi sebesar 22,9% atau lebih besar 0,4% dari biosolar.

#### 4.2.21 Perbandingan antara *Power* terhadap *Eff. Thermal* pada putaran 2200 rpm untuk Semua Jenis Bahan Bakar



Grafik 4. 21 Perbandingan antara *Power* terhadap *Eff. Thermal* pada putaran 2200 rpm untuk Semua Jenis Bahan Bakar

Berdasarkan dari Grafik 4. 21 Perbandingan antara *Power* terhadap *Eff. Thermal* pada putaran 2200 rpm untuk semua jenis Bahan Bakar, dapat dilihat bahan bakar B20 (Biji Kemiri) memiliki efisiensi thermal paling tinggi sebesar 24,4% saat load 50% dibandingkan bahan bakar lainnya. Sedangkan nilai efisiensi thermal terendah terdapat pada Biosolar sebesar 12,1% dibanding bahan bakar lainnya dengan selisih sekitar 0,4-0,7%. Sementara itu, nilai efisiensi thermal bahan bakar B15 (Biji Kemiri) memiliki nilai efisiensi thermal tertinggi sebesar 22,5% pada load 75% atau lebih besar dibandingkan dengan biosolar yang memiliki nilai efisiensi thermal tertinggi sebesar 21,9% pada load 50%. Sementara bahan bakar HSD, memiliki nilai efisiensi thermal tertinggi sebesar 22,8% atau lebih besar 0,3% dari B15 kemiri.

### 4.3 Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi dilakukan untuk untuk menentukan rencana investasi melalui perhitungan biaya dan manfaat yang diharapkan, dengan membandingkan antara pengeluaran dan pendapatan. Dalam melakukan analisa ini diperlukan perhitungan kemungkinan keuntungan yang tinggi agar harapan untuk mendapatkan nilai lebih pada waktu mendatang dapat tercapai. Untuk melakukan analisa ekonomi diperlukan parameter yang berasal dari analisa-analisa berikut, antara lain :

1. Penaksiran modal (Total Capital Investment, TCI) yang meliputi :
  - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment, FCI*)
  - b. Modal kerja (*Working Capital Incestment, WCI*)
2. Penentuan biaya produksi (Total Production Cost, TPC) yang terdiri :
  - a. Biaya pembuatan (Manufacturing Cost, MC)
  - b. Biaya overhead pabrik (Plant Overhead Cost, POC)
  - c. Biaya pengeluaran umum (General Expenses, GE)
3. Biaya Total

Analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang telah direncanakan layak untuk didirikan atau tidak. Untuk itu, perlu dilakukan evaluasi atau penilaian investasi, dengan mempertimbangkan hal - hal berikut ini :

1. Laju pengembalian modal (Internal Rate of Return, IRR)
2. Waktu pengembalian modal (Payout Time, POT)
3. Titik Impas (Break Even Point, BEP), untuk mengetahui BEP perlu dilakukan penaksiran terhadap :
  - a. Biaya tetap
  - b. Biaya semi variabel
  - c. Biaya variabel

#### 4.3.1 Rencana Investasi Produksi

Rencana investasi ini dilakukan dengan melakukan asumsi-asumsi yang akan dilakukan terutama pada rencana investasi produksi. Hal pertama yakni mengenai kapasitas produksi yang akan diraih berdasarkan perhitungan neraca massa dengan melihat tingkat kebutuhan solar untuk sektor transportasi dan industri . Melihat data dari Badan Pengawas Hilir Minyak dan Gasadalah sebagai berikut :

Tabel 4. 2 Kebutuhan Impor Solar

tahun	Kebutuhan solar(juta kiloliter/tahun)		Total kebutuhan (juta kiloliter/tahun)	indeks pertumbuhan (in)
	Sektor Transportasi	Sektor Industri		
2006	8,49	6,907	15,397	0
2007	9,75	7,503	17,397	0,1205
2008	10,652	7,728	18,38	0,0653
2009	10,875	8,47	19,345	0,0525
Indeks pertumbuhan rata - rata(i)				0,0596

Berdasarkan Tabel; 4.2 dengan menganalogikan dari persamaan untuk menghitung bunga, maka perkiraan kebutuhan impor biodiesel (dalam ton) pada tahun 2021 dapat dihitung. Berikut persamaan yang digunakan :

$$F = P(1+i)^n$$

(Timmerhaus, K. D.,2004)

Dimana :

F = Perkiraan volume biodiesel pada tahun 2021

P = Volume biodiesel pda tahun 2009

i = Indeks pertumbuhan rata-rata

n = Selisih waktu

Maka, besarnya kebutuhan solar pada tahun 2021 adalah :

$$\begin{aligned} F &= P(1+i)^n \\ &= 19,345 (1+0,00596)^{(2021-2009)} \\ &= 38,75 \text{ juta kiloliter/tahun} \end{aligned}$$

Melihat perhitungan diatas, prediksi kebutuhan biodiesel pada tahun 2021 dalam bidang industri dan transportasi yakni sebesar 38,75 juta kiloliter/tahun. Menurut kepada permen ESDM No. 12/2015 yang mengatur mengenai campuran biodiesel adalah 20%, maka diprediksi kebutuhan biodiesel pada tahun 2021 adalah 6,82 juta ton/tahun. Sementara jumlah total biodiesel yang diproduksi di Indonesia baru mencapai 2,35 juta ton/tahun, maka didapat kekurangan biodiesel sebesar 4,4 juta ton/tahun.

Dari uraian tersebut, maka kapasitaas pabrik biodiesel yang akan kami rancang pada tahun 2021 adalah pabrik dengan kapasitas 10.000 ton/tahun dengan harapan akan memenuhi kebutuhan biodiesel di Indonesia sebesar 0,5-1 %. Sehingga dalam perencanaan produksi ini dipilih kapasitas produksi sebesar 10.000 ton/tahun, atau 34,722 kg/hari, dibulatkan menjadi 35000 kg/hari. Proyek pabrik biodiesel ini akan mulai melakukan kontruksi pada tahun 2019 dan direncanakan akan mulai beroperasi pada tahun 2021. Untuk pengadaan peralatan akan dilakukan pada tahun 2020 atau setahun setelah memulai kontruksi.

Umur ekonomis proyek direncanakan selama 10 tahun dengan jumlah hari kerja per tahun sebanyak 288 hari dengan asumsi hari kerja per bulan 24 hari dan bulan kerja per tahun 12 bulan. Umur proyek ini ditentukan berdasarkan umur mesin dan peralatan yang digunakan dalam proyek yaitu 10 tahun.

#### **4.3.2 Perbandingan Produksi Kemiri dan Kelapa Sawit**

Proses pembuatan biodiesel kemiri dan kelapa sawit kurang lebih memerlukan proses yang sama. Ada beberapa keuntungan untuk masing-masing bahan baku. Di pasaran, harga kemiri memiliki harga bahan baku yang jauh lebih mahal dibanding kelapa sawit. Namun dalam proses pembuatan biodiesel, kemiri sedikit diuntungkan karena kemiri memiliki kandungan minyak yang lebih tinggi sekitar 150% dari kelapa sawit.

Harga minyak kelapa sawit yang di jual di pasaaan sekitar Rp8.390,00/kg dijadikan patokan. Dalam penelitian ini, direncanakan dengan menjual biodiesel Kemiri dengan harga Rp17.500,00/kg dan membandingkan studi kelayakannya dengan biodiesel kelapa sawit yang dijual dengan harga yang sama.

Studi ekonomis diawali dengan melakukan perhitungan pembuatan pabrik yang memproduksi Biodiesel Kelapa sawit dengan kapasitas produksi 10.000 ton/tahun. Setelah mengasumsikan untuk menghitung nilai investasi awal(pabrik) yang memiliki karakteristik sendiri dengan memproduksi pabrik kemiri, maka didapat hasil studi ekonomis kelapa sawit :

Tabel 4. 3 Perhitungan ekonomis

No	Item Perhitungan	Kelapa Sawit
1	Perhitungan kebutuhan bahan baku (pertahun)	Rp151.414.669.368
2	Perhitungan Harga Peralatan & utilitas	Rp21.415.366.846,46
3	Perhitungan Kebutuhan Karyawan	Rp7.312.500.000
4	Total Capital Invesetment (TCI)	Rp134.247.580.919
5	Total Production Cost (TPC)	Rp238.685.246.254

Setelah dilakukan perhitungan-perhitungan tersebut, didapat waktu pengembalian moda, *Internal Rate Return* (IRR) dan juga nilai titik impas (*Break Even Point*) sebagai berikut :

Tabel 4. 4 POT dan BEP

No	Analisa Ekonomis	Keterangan
1	IRR	22%
2	Waktu Pengembalian modal (Payout Time)	5,26 tahun
3	<i>Break Even Point</i> (BEP)	42%

Melihat hasil di atas, bahwa Biodiesel Kelapsa Sawit memiliki waktu pengembalian modal selama 5,26 tahun dan memiliki nilai Break Even Point sebesar 42%. Atau memiliki nilai penjualan yang sama dengan nilai produksi ketika kapasitas produksi mencapai 42%. Hal ini akan dijadikan sebagai pembanding dalam proses produksi pembuatan biodiesel Kemiri.

#### 4.3.3 Investasi Pabrik (Tempat Produksi)

Pembagian lahan (ruang produksi) direncanakan akan dibangun di Sumatera Barat karena melihat potensi dari pertumbuhan kemiri yang cukup tinggi dan juga harga jual bahan baku yang murah. Disamping itu, dengan mempertimbangkan mengenai harga tanah yang masih murah. Dalam proses pembuatan pabrik produksi Biodiesel Kemiri direncanakan sebagai berikut :



Tabel 4. 5 Kebutuhan Ruang

No	Nama Ruangan	Jumlah Mesin	Subtotal (m2)	Total (x 150%)
1	Gudang bahan baku	-	500	750
2	Gudang bahan tambahan	-	250	375
3	Gudang Produk Jadi	-	500	750
4	Ruang Proses Produksi			
	a. Pemecahan & pencacahan	1	150	225
	b. Pengeringan/penjemuran	1	150	225
	c. Pengepresan dan Filterasi	2	200	300
	d. Esterifikasi & Transesterifikasi	1	300	450
	e. Pencucian	1	100	150
	f. Pengeringan	1	100	150
	g. Metanol recovery	1	100	150
5	Ruang Pengemasan	1	400	600
	Total	9	2750	4125

Ruangan di atas merupakan ruangan yang diperlukan untuk kebutuhan produksi. Area kelonggaran ditentukan sebesar 150 %. Kelonggaran 150 % ini disediakan untuk kegiatan penanganan bahan, pergerakan pekerja dan perawatan, lorong, kolom, dan sebagainya sesuai dengan kebutuhan.

Sementara itu, ruangan lain untuk sarana penunjang juga diperlukan sehingga kebutuhan Ruang pabrik total adalah :

Tabel 4. 6 Total Kebutuhan Ruang

No	Lokasi	Luas (m2)
1	Ruang Produksi	4125
2	Ruang non-Produksi	
	a. Kantor	100
	b. Laboratorium	50
	c. Ruang generator set	48
	d. Pengolahan Limbah	300
	e. Mushola, Toilet	100
	f. Sumber air	30
3	Lain-lain	
	a. Parkir	500
	b. Jalan	500
	c. Lahan terbuka	1000
	TOTAL	6753

Diperkirakan luas tanah yang diperlukan untuk pembangunan pabrik dan bangunan adalah sebesar 6753 m<sup>2</sup>. Pabrik akan didirikan di daerah Sumatera Barat :

**Perhitungan Harga Tanah**

Luas tanah (m <sup>2</sup> )	= 6753 m <sup>2</sup>
Harga tanah per m <sup>2</sup> (Rp)	= Rp500.000,00
Biaya Penyediaan tanah (Rp)	= Rp3.376.500.000,0000
<b>Perhitungan Harga Bangunan</b>	
Luas tanah (m <sup>2</sup> )	= 4753 m <sup>2</sup>
Harga tanah per m <sup>2</sup> (Rp)	= Rp2.000.000,00
Biaya Penyediaan tanah (Rp)	= Rp9.506.000.000,00

#### 4.3.4 Investasi Peralatan Produksi

Harga peralatan pada setiap tahun dapat berubah tergantung pada perubahan ekonomi. Namun harga peralatan pada masa sekarang dapat ditaksir dengan menggunakan Marshall and Swift Equipment Cost Index jika harga alat pada beberapa tahun lalu diketahui. Harga pada perhitungan analisa ekonomi ini merupakan harga yang didapatkan dari internet, yaitu pada website [www.matche.com](http://www.matche.com) yang memberikan harga peralatan berdasarkan FOB (Fee on Board) dari Gulf Coast USA. Besarnya harga alat pada tertentu dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Harga alat sekarang} = \frac{(\text{Indeks harga tahun sekarang})}{(\text{Indeks harga tahun ke-}) \times \text{Harga alat tahun ke-}}$$

Tabel 4. 7 Indeks Harga

<b>Tahun</b>	<b><i>Annual Index</i></b>
1987	323,8
1988	342,5
1989	355,4
1990	357,6
1991	361,3
1992	358,2
1993	359,2
1994	368,1
1995	381,1
1996	381,7
1997	386,5
1998	389,5
1999	390,6
2000	394,1

(Chemical Engineering Plant Cost Index)

sumber : <http://www.chemengonline.com/pci-home>

Tabel 4. 8 Perhitungan Indeks Harga

Data	x	y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	xy
1	1987	323,8	3948169,0	104846,4	643391
2	1988	342,5	3952144,0	117306,3	680890
3	1989	355,4	3956121,0	126309,2	706891
4	1990	357,6	3960100,0	127877,8	711624
5	1991	361,3	3964081,0	130537,7	719348
6	1992	358,2	3968064,0	128307,2	713534
7	1993	359,2	3972049,0	129024,6	715886
8	1994	368,1	3976036,0	135497,6	733991
9	1995	381,1	3980025,0	145237,2	760295
10	1996	381,7	3984016,0	145694,9	761873
11	1997	386,5	3988009,0	149382,3	771841
12	1998	389,5	3992004,0	151710,3	778221
13	1999	390,6	3996001,0	152568,4	780809
14	2000	394,1	4000000,0	155314,8	788200
Σ	27909	5149,6	#####	1899614,6	10266794
$\bar{n}$					
	1994	367,8	3974058,5	135686,8	733342

Berdasarkan persamaan Least Square diperoleh :

$$a + b(x - \bar{x})$$

$$y = \bar{y}$$

$$a = \frac{(\sum [(x - \bar{x})(y - \bar{y})])}{\sum [(x - \bar{x})]^2}$$

$$= \frac{10266794 - \frac{143720186,4}{14}}{55636819 - \frac{778912281}{14}} = \frac{1065,9}{227,5}$$

$$y = 367,8 + 4,7 (x - 1994)$$

$$y = 367,8 + 4,7 x - 9340,10$$

$$y = 4,7 x - 8972,27$$

Untuk x = 2019 maka y = 487,30

Jadi *cost index* pada tahun 2019 = 487,30

Contoh Perhitungan harga peralatan proses

1 Tangki Metanol

$$\begin{aligned}
 \text{Tipe} &= \\
 \text{Jumlah} &= 1 \text{ unit} \\
 \text{Harga thn 2014} &= \text{US\$ } 12.000,0 \\
 \text{Harga thn 2018} &= \frac{\text{Indeks tahun 2018}}{\text{Indeks tahun 2014}} \times \text{Harga Alat Tahun 2014} \\
 &= \frac{487,30}{390,60} \times \text{US\$ } 12.000,0 \\
 &= \text{US\$ } 14.970,9
 \end{aligned}$$

Dari contoh tersebut, maka didapat harga peralatan proses yang lainnya, yaitu :

Tabel 4. 9 Perkiraan harga alat proses

No	Kode	Nama Alat	Total	Harga US\$, 2014		Harga Total US\$, 2018
				Per Unit	Total	
1	F-110	<i>Tangki Storage</i>	1	1.000	1.000	1.248
2	L-111	<i>Pompa Centrifugal</i>	1	3.200	3.200	3.992
3	M-120	<i>Pencacah kemiri</i>	1	8000	-	8000
4	F-121	<i>Mesin Screw Press</i>	1	15.000	-	15000
5	H-122	<i>Centrifugal Separator</i>	0	21.400	-	-
6	F-123	<i>Tangki Sementara</i>	0	10.000	-	-
7	R-210	<i>Reaktor Esterifikasi</i>	1	35.000	35.000	43.665
8	F-211	<i>Tangki Metanol</i>	1	20.000	20.000	24.952
9	F-212	<i>Tangki Asam Sulfat</i>	1	10.000	10.000	12.476
10	L-214	<i>Pompa Centrifugal</i>	1	3.200	3.200	3.992
11	H-215	<i>Decanter I</i>	1	18.000	18.000	22.456
12	F-216	<i>Tangki Sementara</i>	1	10.000	10.000	12.476
13	L-217	<i>Pompa Centrifugal</i>	1	3.200	3.200	3.992
14	R-310	<i>Reaktor Transesterifikasi</i>	1	70.000	70.000	87.330
15	H-311	<i>Decanter II</i>	1	18.000	18.000	22.456
16	F-312	<i>Tangki Sementara</i>	1	10.000	10.000	12.476
17	L-313	<i>Pompa Centrifugal</i>	1	3.200	3.200	3.992
18	F-320	<i>Tangki Mixing</i>	1	15.000	15.000	18.714
19	L-322	<i>Pompa Centrifugal</i>	1	3.200	3.200	3.992
20	F-323	<i>Tangki KOH</i>	1	9.000	9.000	11.228
21	F-330	<i>Tangki Pencuci</i>	1	15.000	15.000	18.714
22	H-331	<i>Decanter III</i>	1	18.000	18.000	22.456
23	F-332	<i>Tangki Sementara</i>	1	10.000	10.000	12.476

24	L-333	<i>Pompa Centrifugal</i>	1	3.200	3.200	3.992
25	F-340	<i>Tangki Penampung I</i>	1	15.000	15.000	18.714
26	L-341	<i>Pompa Centrifugal</i>	1	3.000	3.000	3.743
27	H-342	<i>Decanter IV</i>	1	21.000	21.000	26.199
28	F-343	<i>Tangki Penampung II</i>	1	18.000	18.000	22.456
29	L-344	<i>Pompa Centrifugal</i>	1	3.000	3.000	3.743
30	F-410	<i>Flash Tank</i>	1	94.000	94.000	117.272
31	E-411	<i>Heater I</i>	1	1.800	1.800	2.246
32	E-413	<i>Condensor</i>	1	12.400	12.400	15.470
33	E-414	<i>Cooler I</i>	1	32.400	32.400	40.421
34	F-415	<i>Tangki Biodiesel</i>	1	50.000	50.000	62.379
35	D-510	<i>Kolom Distilasi</i>	1	98.000	98.000	122.262
36	E-511	<i>Heater II</i>	1	1.800	1.800	2.246
37	E-512	<i>Condensor Distilasi</i>	1	14.200	14.200	17.716
38	F-513	<i>Tangki Akumulator</i>	1	16.800	16.800	20.959
39	L-514	<i>Pompa Centrifugal</i>	1	3.000	3.000	3.743
40	E-515	<i>Reboiler Distilasi</i>	1	17.100	17.100	21.334
41	E-516	<i>Cooler II</i>	1	27.500	27.500	34.308
42	L-517	<i>Pompa Centrifugal</i>	1	3.000	3.000	3.743
43	E-518	<i>Cooler III</i>	1	18.800	18.800	23.454
44	F-519	<i>Tangki Gliserol</i>	1	25.000	25.000	31.189
Total			40	\$ 965.374		

Perhitungan harga peralatan utilitas yang digunakan pada pabrik ini antara lain adalah:

1. Air, digunakan sebagai air pendingin, air, air proses, steam, serta air sanitasi.
2. Listrik, digunakan sebagai sumber tenaga pada beberapa peralatan proses, serta sumber energi bagi penerangan di pabrik dan kantor

Untuk pabrik yang menggunakan proses fluid-fluid maka diperkirakan biaya peralatan utilitas adalah sebesar 40% dari harga peralatan proses, jadi total harga peralatan utilitas adalah Rp5.557.079.432. Sementara itu, total harga peralatan adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Total harga peralatan} &= \text{Harga peralatan proses} + \text{Harga utilitas} \\
 &= \text{Rp19.449.778.011}
 \end{aligned}$$

#### 4.3.5 Perhitungan Kebutuhan Bahan Baku

Kandungan biji kemiri sekitar 50%-60% minyak mentah, dalam setiap pengepressan 1 kg kemiri, menghasilkan minyak sekitar 500 ml minyak mentah kemiri. kebutuhan bahan baku dalam skala kecil dengan pembuatn 1 liter minyak kemiri mentah diperlukan :

Tabel 4. 10 Kebutuhan bahan baku pembuatan biodiesel

No	Bahan Baku	Kebutuhan	Keterangan
1	Crude Kemiri	1 liter	
2	Metanol	200 ml	80ml ester & 120ml trans
3	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1 ml	esterifikasi
4	KOH	1 gram	transesterifikasi
5	Aquades	3 liter	3x pencucian
6	Asam Cuka	7 ml	pencucian pertama

Dari proses tersebut, didapatkan hasil :

Tabel 4. 11 Hasil yang didapat

No	Bahan Baku	Hasil
1	Biodiesel B100	800 ml
2	Gliserol	100 ml
3	Metanol	100 ml

Jadi, dengan target produksi yang ingin mendapatkan biodiesel sebanyak 40000 liter per hari, maka perlu dipersiapkan bahan baku biji kemiri sebanyak 100000kg/hari, dimana akan menghasilkan minyak nabati sebanyak 50000 liter/hari. Dari jumlah tersebut didapat biodiesel B100 kemiri sebanyak 40000 liter/hari.

Tabel 4. 12 Perhitungan Kebutuhan bahan baku

Rincian		perhari		perto n	harga perton	total harga/hari	total harga/tahun
1	Kemiri	10000 0	k g	100	Rp5.000.00 0	Rp500.000.00 0	144.000.000.000
2	Minyak	50000	l	45,8	-	Rp0	0
3	Metanol	10000	l	7,92	Rp5.036.85 0	Rp39.891.852	11.488.853.376
4	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	500	l	0,92	Rp2.878.20 0	Rp2.647.944	762.607.872
5	KOH	500	k g	0,5	Rp2.374.51 5	Rp1.187.258	341.930.160
6	Aquades	15000 0	l	150		Rp75.000.000	
7	Asam Cuka	2000	l	2,1	Rp7.000.00 0	Rp14.700.000	4.233.600.000
8	Bahan bakar	7000	l	6,16	Rp5.000.00 0	Rp30.800.000	8.870.400.000
					Total	Rp589.227.05 4	Rp169..697.391.40 8

Kapasitas produksi yang ditargetkan dengan bahan baku tersebut, maka akan dihasilkan produk yakni biodiesel B100 sebanyak 40000 liter, gliserol 1000 kg, dan juga metanol sebanyak 6970 kg. Sementara itu, perhitungan hasil penjualan produk yang dihasilkan yakni biodiesel B100, gliserol ataupun metanol dengan menetapkan harga yang ditentukan adalah :

Tabel 4. 13 Hasil penjualan

No	Produk	Kapasitas/Hari (kg)	Harga (Rp/kg)	Total Harga (Rp/Hari)
1	Biodiesel	40000	17.500	Rp700.000.000
2	Gliserol	1000	215.000	Rp215.000.000
3	Metanol	6.970	6.000	Rp41.876.000
Total				Rp956.817.600

Hasil penjualan produk adalah sebesar Rp956.817.600/hari atau sebesar Rp275.563.468.800/tahun.

#### 4.3.6 Perhitungan Kebutuhan Karyawan

Industri biodiesel dari biji kemiri ini merupakan perusahaan yang benar-benar baru didirikan sehingga kebutuhan sumber daya merupakan hal yang sangat penting untuk ditetapkan dengan baik. Tenaga kerja yang dipakai dalam industri ini terdiri dari tenaga kerja langsung dan tenaga kerja tak langsung. Tenaga kerja langsung merupakan tenaga kerja yang secara langsung terlibat dalam proses produksi, sedangkan tenaga kerja tak langsung adalah tenaga kerja yang tidak berhubungan secara langsung dengan proses produksi. Tenaga kerja langsung adalah operator produksi, laboran, pekerja pabrik, sedangkan tenaga kerja tak langsung antara lain general manager, kepala pabrik, quality control dan staff kantor. Jam kerja untuk operator dan pekerja pabrik terbagi menjadi 3 shift dengan waktu kerja yaitu shift pertama dari jam 07.00-15.00, untuk shift kedua dari jam 15.00-23.00, dan untuk shift ketiga yaitu dari jam 23.00-07.00. Untuk bagian selain pekerja pabrik dan operator produksi, jam kerja yang diberlakukan adalah mulai dari jam 08.00-17.00. Adapun kualifikasi pekerjaan dan jabatan dapat dilihat :

Tabel 4. 14 Kebutuhan karyawan

No	Jabatan	Gaji	Jumlah	Total Gaji
1.	Dewan Komisaris			
	a. Komisaris Utama	50.000.000	1	50.000.000
	b. Anggota Komisaris	30.000.000	1	30.000.000
2.	Direksi			
	a. Direktur Utama	75.000.000	1	40.000.000
	b. Direktur Teknik	30.000.000	1	30.000.000
	c. Direktur Pemasaran	30.000.000	1	30.000.000

3	d. Direktur Produksi	30.000.000	1	30.000.000
	e. Direktur Keuangan	30.000.000	1	30.000.000
	Sekretaris Direksi	15.000.000	1	15.000.000
4	Manager			
	a. Manager Produksi	10.000.000	1	10.000.000
	b. Manager QA-QC	10.000.000	1	10.000.000
	c. Manager Operasi	10.000.000	1	10.000.000
	d. Manager Maintenance	10.000.000	1	10.000.000
	e. Manager Technical	10.000.000	1	10.000.000
	f. Manager Logistik	10.000.000	1	10.000.000
	g. Manager Pemasaran	10.000.000	1	10.000.000
	h. Manager HRD	10.000.000	1	10.000.000
	i. Manager Keuangan	10.000.000	1	10.000.000
5	Kepala Seksi			
	a. Proses	7.500.000	1	7.500.000
	b. Kontrol kualitas	7.500.000	1	7.500.000
	c. Utilitas	7.500.000	1	7.500.000
	d. Pemeliharaan	7.500.000	1	7.500.000
	e. Promosi &Penjualan	7.500.000	1	7.500.000
	f. Administrasi	7.500.000	1	7.500.000
	g. Keamanan	7.500.000	1	7.500.000
	h. Personalia	7.500.000	1	7.500.000
	i. Supply Chain	7.500.000	1	7.500.000
	j. Keuangan	7.500.000	1	7.500.000
6	Karyawan Operasional			
	a. Lulusan S-1	6.000.000	5	30.000.000
	b. Lulusan D-3	5.000.000	5	25.000.000
	c. Lulusan SMK/SMU	3.500.000	5	17.500.000
7	Health Safety and Env.	5.000.000	3	15.000.000
8	Karyawan Keamanan	4.000.000	5	20.000.000
9	Sopir	4.000.000	5	20.000.000
10	Kebersihan	3.000.000	5	15.000.000
11	Karyawan Tidak Tetap	5.000.000	0	0
<b>Total</b>			60	562.500.000

Jadi, pengeluaran perusahaan dalam setahun untuk gaji karyawan ditambah tunjangan hari raya adalah Rp2.193.750.000.



### 4.3.7 Perhitungan Penaksiran Modal (Total Capital Investment)

1. Modal Tetap
  - a. Biaya Langsung (Direct Cost, DC)

Tabel 4. 15 *Direct Cost*

No	Item	%	Nilai
1.	Purchased equipment	20%	Rp 19.449.778.765
2.	Instalasi, pengecatan, dan isolasi	8%	Rp 7.779.911.205
3.	Instrumentasi dan kontrol	4%	Rp 3.889.955.602
4.	Perpipaan	6%	Rp 5.884.933.403
5.	Sistem kelistrikan	3%	Rp 2.917.466.702
6.	Ongkos kapal laut	4%	Rp 4.084.453.382
7.	Asuransi	1%	Rp 388.995.560
8.	Biaya angkut barang ke plant	5%	Rp 3.040.378.842
9.	Fasilitas pelayanan	10%	Rp 7.600.947.106
10	<i>Yard improvement</i>	3%	Rp 1.900.236.777
11	Bangunan	10%	Rp 1.900.236.777
12	Tanah	3%	Rp 570.071.033
<b>Total Direct Cost (TDC)</b>		78%	Rp 74.589.545.032

- b. Biaya tidak langsung (indirect Cost, IC)

Tabel 4. 16 *Indirect Cost*

1.	<i>Engineering and supervision</i>	7%	Rp 6.700.710.330
2.	Biaya konstruksi	7%	Rp 6.700.710.330
3.	Biaya kontraktor	3%	Rp 1.900.236.777
4.	Biaya tak terduga	7%	Rp 6.800.473.553
<b>Total Indirect Cost (IC)</b>			Rp 22.950.130.899

$$\begin{aligned}
 \text{Fixed Capital Investment} &= \text{DC} + \text{IC} \\
 &= \text{Rp}74.589.898.674 + \text{Rp}22.950.738.054 \\
 &= \mathbf{\text{Rp}97.540.636.728}
 \end{aligned}$$

2. Modal Kerja (Working Capital Investment, WCI)

$$\begin{aligned}
 \text{WCI} &= 20\% \text{ TCI} \\
 \text{TCI} &= \text{FCI} + \text{WCI} \\
 &= \text{FCI} + 15\% \text{ TCI} \\
 80\% \text{ TCI} &= \text{Rp}97.540.636.728 \\
 \text{TCI} &= \text{Rp}121.925.795.910 \\
 \text{WCI} &= \mathbf{\text{Rp}24.385.159.182}
 \end{aligned}$$

Jadi,

Modal tetap (FCI)	=	Rp97.540.636.728	
Modal kerja (WCI)	=	<b>Rp24.385.159.182</b>	+
Total investasi (TCI)	=	<b>Rp121.925.795.910</b>	

Modal investasi terbagi atas :

1. Modal sendiri (*equity*) : 60% TCI = Rp73.155.477.546
2. Modal Pinjaman bank (*loan*) : 40% TCI = Rp58.770.318.364

#### 4.3.8 Perhitungan Biaya Produksi (Total Production Cost, TPC)

Perhitungan biaya produksi mempunyai empat faktor yaitu Biaya Produksi Langsung (Direct Production Cost, DPC), Biaya Tetap (Fixed Charges, FC), Biaya Plant Overhead (Plant Overhead Cost, POC), dan Biaya Pengeluaran Umum (General Expenses). Berikut perhitungan dari penentuan biaya produksi (Total Production Cost).

##### A. Biaya Produksi Langsung

Tabel 4. 17 Biaya Produksi Langsung

No	Komponen	%	Harga
1	Bahan baku (1 tahun)		Rp 169.795.392.408
2	Tenaga kerja (1 tahun)	OL	Rp 7.312.500.000
3	Utilitas	10%TPC	0,1 TPC
4	Pemeliharaan dan perbaikan	5%FCI	Rp 4.877.031.836
5	<i>Operating supplies</i>	1%FCI	Rp 487.703.183
6	Supervisor langsung	10%OL	Rp 731.375.000
7	Paten dan royalti	1%TPC	0,01 TPC
8	Laboratorium	10%OL	Rp 731.375.000
<b>Total</b>			Rp 183.837.126.039 + <b>0,11 TPC</b>

##### B. Biaya Tetap (*Fixed Charges, FC*)

Tabel 4. 18 Biaya Tetap (Fixed Charge)

No	Komponen	%	Harga
1.	Depresiasi (peralatan dan bangunan)	10%FCI	Rp 9.954.866.602
2.	Pajak daerah	2%FCI	Rp 1.950.973.320
3.	Asuransi	1%FCI	Rp 975.486.660
	<b>Total</b>		Rp 12.041.326.583

##### C. Biaya Plant Overhead (Plant Overhead Cost)

$$\text{POC} = 4\% \text{ TPC}$$

$$\text{Total biaya pembuatan (MC)} = \text{DPC} + \text{FC} + \text{POC}$$

#### D. Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses, GE*)

Tabel 4. 19 Biaya Pengeluaran Umum (General Expenses, GE)

No	Komponen	%	Harga
1.	Biaya administrasi	2% TPC	0,02 TPC
2.	Biaya distribusi dan penjualan	2% TPC	0,02 TPC
3.	Biaya R & D	5% TPC	0,05 TPC
4.	Financing (interest)	1% TCI	Rp 1.219.257.959
<b>Total</b>			Rp 1.219.257.959 + <b>0,09 TPC</b>

Dimana, Total biaya pembuatan (Manufacturing Cost) = DPC + FC + FOC

$$\text{MC} = \text{DPC} + \text{FC} + \text{POC}$$

$$= (\text{Rp}183.837.126.412 + 0,11 \text{ TPC}) + (12.680.282.775) +$$

$$(1.219.358.325 + 0,09 \text{ TPC})$$

$$= \text{Rp}196.517.409.203 + 0,15 \text{ TPC}$$

$$\text{TPC} = \text{MC} + \text{GE}$$

$$= (\text{Rp}196.517.409.203 + 0,15 \text{ TPC}) + (\text{Rp}1.219.257.959 + 0,09 \text{ TPC})$$

$$= \text{Rp}197.736.667.162 + 0,24 \text{ TPC}$$

$$= \text{Rp}260.279.825.213$$

Sehingga didapatkan,

$$\text{TPC} = \text{Rp}260.279.825.213$$

$$\text{GE} = \text{Rp}24.635.442.228$$

$$\text{POC} = \text{Rp}10.407.193.009$$

$$\text{MC} = \text{Rp}235.544.382.985$$

$$\text{TPC} - \text{Depresiasi} = \text{Rp}260.179.825.213 - \text{Rp}9.754.063.673$$

$$\text{Biaya produksi tanpa depresiasi} = \text{Rp}250.425.761.540$$

#### 4.3.9 Perbandingan Nilai Ekonomis

Analisa ekonomi dilakukan dengan metode discounted cash flow, yaitu cash flow yang nilainya diproyeksikan pada masa sekarang. Adapun asumsi yang dipakai sebagai berikut:

1. Modal
  - Modal sendiri, sebesar 60%
  - Modal pinjaman sebesar 40%
2. Suku bunga bank, sebesar 10,25% per tahun
3. Laju inflasi, sebesar 3,35% per tahun
4. Masa konstruksi pabrik selama 2 tahun
  - Tahun pertama 60 % modal sendiri dan 40 % modal pinjaman
  - Tahun kedua menggunakan sisa modal sendiri dan pinjaman
5. Pembayaran menggunakan modal pinjaman selama masa konstruksi dilakukan secara diskrit dengan cara sebagai berikut:
  - Pada awal masa konstruksi (awal tahun ke (-2)) dilakukan penggunaan 30 % dari modal pinjaman untuk pembelian tanah dan uang muka
  - Pada akhir tahun kedua masa konstruksi (tahun ke (-1)) digunakan sisa modal pinjaman
6. Pengembalian pinjaman dilakukan pada jangka waktu 10 tahun, yaitu 10% per tahun
7. Umur pabrik diperkirakan selama 15 tahun, depresiasi sebesar 10 % per tahun
8. Kapasitas produksi pabrik:
  - Tahun pertama, sebesar 60%
  - Tahun kedua, sebesar 80%
  - Tahun ketiga, sebesar 100%
9. Pajak pendapatan:
  - Rp. 25.000.000 - Rp. 50.000.000 sebesar 5%
  - Rp. 50.000.000 - Rp. 250.000.000 sebesar 15%
  - Rp. 250.000.000 - Rp. 500.000.000 sebesar 25%
  - Lebih dari Rp. 500.000.000 sebesar 30%

#### A. Perhitungan Biaya Total Produksi

$$\begin{aligned}\text{Biaya produksi tanpa depresiasi} &= \text{TPC} - \text{Depresiasi} \\ &= \text{Rp } 18.154.217.457\end{aligned}$$

Tabel 4. 20 Biaya Operasi Untuk Kapasitas Produksi Besar

No.	Kapasitas Produksi	Biaya Produksi (Rp)
1.	60%	Rp150.2225.456.924
2.	80%	Rp200.340.609.232
3.	100%	Rp250.435.761.540

Investasi total pabrik tergantung pada masa konstruksi. Investasi yang berasal dari modal sendiri akan habis pada tahun pertama konstruksi. Nilai modal sendiri tidak akan terpengaruh oleh suku bunga bank. Sehingga modal sendiri pada masa akhir masa konstruksi adalah tetap. Untuk modal pinjaman dari bank, total pinjaman pada masa konstruksi adalah tetap. Untuk modal pinjaman dari bank, total pinjaman pada akhir masa konstruksi adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 21 Modal Pinjaman Selama Masa Konstruksi

Masa Konstruksi	%	Modal Pinjaman		
		Biaya (Rp)	Bunga Bank 10,25%	Jumlah (Rp)
-2	30%	14.631.095.509	0	14.631.095.509
-1	70%	34.139.222.855	1.499.687.290	35.638.910.144
0	0	0	5.152.675.578	5.152.675.579
Modal pinjaman pada akhir masa konstruksi pabrik				55.422.681.235

Tabel 4. 22 Modal Sendiri Selama Masa Konstruksi

Masa Konstruksi	%	Modal Sendiri		
		Biaya (Rp)	Laju Inflasi 3,35%	Jumlah (Rp)
-2	50%	36.577.738.773	0	36.577.738.773
-1	50%	36.577.738.773	1.141.225.450	37.718.964.223
0	0	0	1.776.679.355	2.318.057.133
Modal sendiri pada akhir masa konstruksi pabrik				76.614.760.129

Total investasi pada akhir masa konstruksi pabrik = Modal sendiri + Modal pinjaman = **Rp132.037.441.362**

Untuk perhitungan harga penjualan produk dengan produksi sebesar 100% didapatkan harga:

$$\begin{aligned} \text{penjualan produk} &= \text{Total harga penjualan produk} \\ &= \mathbf{Rp275.563.468.000} \end{aligned}$$

### B. Laju Pengembalian Modal (*Internal Rate of Return*)

Internal Rate of Return berdasarkan discounted cash flow adalah tingkat suku bunga tertentu di mana seluruh penerimaan akan tepat menutup seluruh jumlah pengeluaran modal. Cara yang dilakukan adalah dengan trial harga  $i$ , yaitu laju bunga sehingga memenuhi persamaan berikut:

$$\text{Total modal pada akhir masa konstruksi} = \sum \frac{CF}{(1+i)^n}$$

Dimana:

n = tahun

CF = cash flow pada tahun ke – n

$$\frac{1}{(1+i)^n} = \text{discount factor (DF)}$$

Tabel 4. 23 Trial Laju Bunga (i)

Tahun ke - n	Net Cash Flow	i = 11,2%	
		DF	Present Value
0	-Rp132.037.441.362	1,000	-Rp132.037.441.362
1	Rp4.362.868.387	0,899	Rp3.923.442.794
2	Rp8.279.805.141	0,809	Rp6.695.924.400
3	Rp12.196.741.896	0,727	Rp8.870.119.520
4	Rp22.239.121.041	0,654	Rp14.544.489.070
5	Rp32.763.736.258	0,588	Rp19.269.457.370
6	Rp43.794.699.348	0,529	Rp23.162.894.322
7	Rp55.357.327.706	0,476	Rp26.329.439.035
8	Rp67.478.204.594	0,428	Rp28.861.920.145
9	Rp80.185.242.441	0,385	Rp30.842.626.981
10	Rp93.507.749.292	0,346	Rp32.344.447.074
Total Present Value			Rp62.807.319.349

Investasi awal = Rp132.037.441.362

$$\begin{aligned} \text{Rasio} &= \frac{\text{Total Present Value}}{\text{Investasi Awal}} \\ &= \frac{\text{Rp62.807.319.349}}{\text{Rp132.037.441.362}} \end{aligned}$$

$$= 0,476$$

$$\text{IRR} = 18\%$$

Dari perhitungan pada Tabel D.10, nilai  $i = 0,332 = 33,2\%$  per tahun. Harga IRR yang diperoleh lebih besar dari pada nilai bunga pinjaman modal. Hal ini menunjukkan bahwa pabrik layak untuk didirikan dengan tingkat bunga 10,25%.

### C. Waktu Pengembalian Modal

Untuk menghitung waktu pengembalian modal, maka dihitung akumulasi modal sebagai berikut.

Tabel 4. 24 *Commulative Cash Flow*

Tahun ke - n	Net Cash Flow	Cummulative Cash Flow
1	4.362.868.387	Rp4.362.868.387
2	8.279.805.141	Rp12.642.673.528
3	12.196.741.896	Rp24.839.415.424
4	22.239.121.041	Rp47.078.536.465
5	32.763.736.258	Rp79.842.272.723
6	43.794.699.348	Rp123.636.972.071
7	55.357.327.706	Rp178.994.299.777
8	67.478.204.594	Rp246.472.504.371
9	80.185.242.441	Rp326.657.746.812
10	93.507.749.292	Rp420.165.496.104

Dari tabel di atas, untuk total investasi = Rp132.037.441.362, dengan cara interpolasi antara tahun ke-3 dan ke-4, maka diperoleh waktu pengembalian modal selama **7,82** tahun.

#### D. Analisa Titik Impas (Brake Event Point)

Analisa titik impas digunakan untuk mengetahui jumlah kapasitas produksi, dimana biaya produksi total sama dengan hasil penjualan.

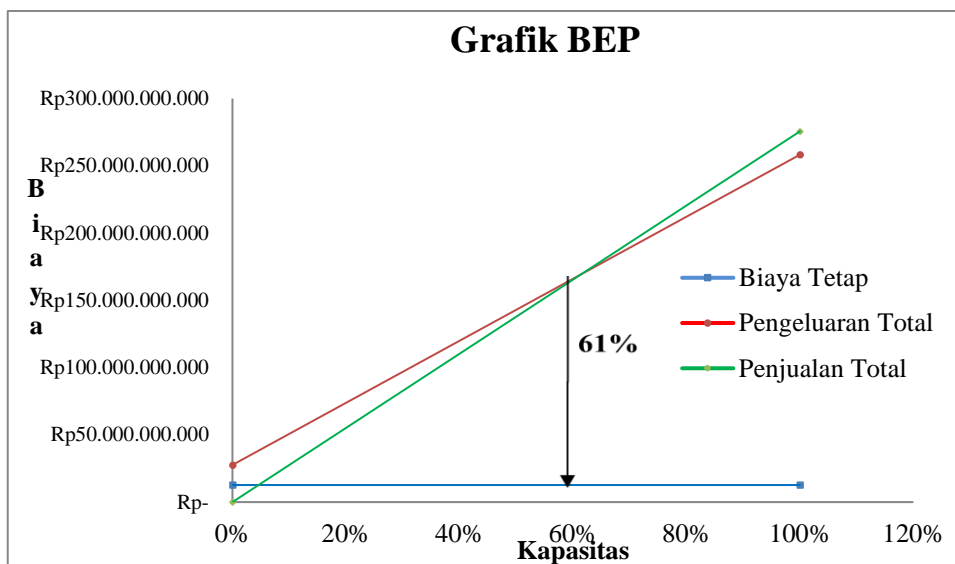
Tabel 4. 25 Biaya *Fixed Cost, Variable Cost, Semi Variable Cost*, dan *Sell*

No.	KETERANGAN	JUMLAH	
1.	Biaya tetap (FC)	Rp.	12.680.282.775
2.	Biaya variabel (VC)		
	- Bahan baku	Rp.	169.697.391.408
	- Utilitas	Rp.	26.017.982.521
		Rp.	195.715.373.929
3.	Biaya semi variabel (SVC)		
	- Tenaga kerja	Rp.	7.312.500.000
	- Pemeliharaan dan perbaikan	Rp.	4.877.031.836
	- <i>Operating supplies</i>	Rp.	487.703.184
	- Laboratorium	Rp.	731.250.000
	- Paten dan royalti	Rp.	2.601.798.252
	- <i>Plant overhead cost</i>	Rp.	10.407.193.009
	- Pengeluaran umum	Rp.	23.416.184.269
		Rp.	49.833.660.550
4.	Total penjualan (S)	Rp.	275.563.468.800

Untuk perhitungan BEP sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{BEP} &= \frac{FC + 0,3 \text{ SVC} \times 100\%}{\frac{S - 0,7 \text{ SVC} - VC}{S}} \times 100\% \\
 &= \frac{\text{Rp}27.630.380.940}{\text{Rp}44.964.532.486} \times 100\% \\
 &= \mathbf{61\%}
 \end{aligned}$$

Seperti dilihat, didapat nilai BEP sebesar 61%, yang artinya biaya produksi total sama dengan hasil penjualan ketika jumlah kapasitas produksi mencapai 61%.



Grafik 4. 22 Grafik *Break Even Point*

Dari grafik dapat ditentukan BEP dengan melalui 2 garis yang saling memotong yaitu garis Pengeluaran total dan Penjualan total. BEP merupakan suatu keadaan dimana Biaya total produksi sama dengan penjualan total. Persamaan garis yang didapat yaitu:

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= 2755634688 X \\
 Y_2 &= 2305989363 X + 276303809 \\
 Y_1 &= Y_2 \\
 2755634688 X &= 2305989363 X + 276303809 \\
 X &= \text{BEP} \\
 &= \mathbf{61\%}
 \end{aligned}$$



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan proses pembuatan biodiesel biji kemiri didapatkan kandungan properties biji kemiri beserta pengaruh dalam performansi motor diesel dan studi kelayakan ekonomis, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil properties uji laboratorium biodiesel biji kemiri, didapatkan bahwa kandungan properties pada biodiesel biji kemiri telah memenuhi Standar Nasional Indonesia yang telah ditetapkan sebagai standar biodiesel di Indonesia. Namun pada nilai densitas pada biodiesel biji kemiri belum memenuhi standar yang telah ditetapkan, dimana nilai yang telah ditentukan untuk viskositas yaitu 850-880 kg/m<sup>3</sup>. Pada kandungan densitas biodiesel biji kemiri didapatkan nilai 916 kg/m<sup>3</sup>. Nilai densitas yang tinggi disebabkan perlunya penelitian lagi untuk menentukan besaran kandungan katalis dalam proses pembuatan biodiesel biji kemiri.
2. Hasil dari uji performa dapat diketahui dengan melalui lima variabel diantaranya sebagai berikut:
  - a) Nilai SFOC yang didapatkan pada uji performansi dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi putaran *engine*, maka nilai SFOC yang didapatkan semakin rendah. Namun, pada putaran 2100rpm dan 2200 rpm SFOC mengalami peningkatan. Hal ini terjadi disebabkan karena *engine* mengalami *overload*. Pada putaran 2100 rpm didapatkan SFOC terendah dengan menggunakan bahan bakar biodiesel B20 (Biji Kemiri), disusul bahan bakar HSD dengan prosentasi kenaikan 8,3%, biosolar dengan prosentase kenaikan 11,3%, dan terakhir Biodiesel B15 biji kemiri dengan prosentase kenaikan sebesar 18,1%.
  - b) Daya yang dihasilkan dipengaruhi oleh putaran *engine*, semakin tinggi putaran *engine* maka semakin besar daya yang dihasilkan oleh *engine*. Saat kondisi *full load*, daya maksimum dihasilkan pada putaran 2200 rpm dengan daya terbesar dihasilkan pada jenis bahan bakar B20 (Biji Kemiri), disusul HSD dengan perbedaan sekitar 1,7%, lalu Biodiesel B15 biji kemiri dengan perbedaan sekitar 5,8%, dan terakhir Biosolar dengan perbedaan sekitar 7,1%.
  - c) Torsi didapatkan perhitungan dari daya, sehingga dapat disimpulkan bahwa torsi maksimum juga dicapai pada putaran 2100 rpm. Torsi terbesar didapat dengan menggunakan bahan bakar B20 (Biji Kemiri), disusul dengan menggunakan bahan bakar HSD, B15 (Biji Kemiri), dan terakhir Biosolar dengan prosentase perbedaan yang sama pada daya maksimum.
  - d) BMEP sangatlah dipengaruhi oleh daya yang dikeluarkan, semakin besar daya yang dihasilkan maka BMEP yang dihasilkan semakin besar. BMEP tertinggi didapatkan pada jenis bahan bakar B20 (Biji Kemiri), disusul HSD, kemudian disusul dengan B15 (Biji Kemiri), dan terakhir Biosolar dengan prosentase perbedaan yang sama pada daya maksimum.

- e) Efisiensi thermal sangat dipengaruhi daya yang dikeluarkan dan nilai kalor yang dihasilkan bahan bakar. Pada penelitian ini, Jenis bahan bakar B20 biji kemiri memiliki nilai efisiensi thermal paling tinggi dibanding bahan bakar lain untuk setiap kecepatan.
- 3. Hasil dari Studi Kelayakan Ekonomis biodiesel biji kemiri dengan mengasumsikan kapasitas produksi sekitar 10.000 ton/tahun dan harga jual Rp17.500/liter, didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :
  - a) Waktu pengembalian modal untuk Biodiesel kemiri selama 7,85 lebih lama dibanding dengan kelapa sawit yang hanya 5,26 tahun
  - b) Nilai BEP dari Kemiri sebesar 61% sementara kelapa sawit sebesar 42%
  - c) Pabrik biodiesel kemiri ini layak didirikan dikarenakan memiliki nilai IRR sebesar 18% (lebih tinggi dari nilai suku bunga)

## 5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai efek pemakaian jangka panjang pada motor diesel dengan menggunakan bahan bakar biodiesel biji kemiri.
2. Melakukan penelitian lebih lanjut dengan katalis yang berbeda dalam pembuatan biodiesel biji kemiri untuk lebih meningkatkan performa
3. Dari segi ekonomis, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menekan harga dan menaikkan nilai BEP yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alhaq, S., 2016., *Analisa Emisi Berbasis Eksperimen dan Kelayakan Ekonomis Bahan Bakar Biodiesel Umbi Porang (Amarphallus Onchopillus).*, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)., Surabaya.
- Balai Standardisasi Nasional. 2015. BIODIESEL. SNI2182. [http://sisni.bsn.go.id/index.php/sni\\_main/sni/detail\\_sni/22602](http://sisni.bsn.go.id/index.php/sni_main/sni/detail_sni/22602) diakses pada tanggal 14 Januari 2018 jam 20.30 WIB
- Dwivedi, G., S. Jain, M.P. Sharma. *Diesel engine performance and emission analysis using biodiesel from various oil sources.*
- Imdadul, H.K., N.W.M. Zulkifli. 2016. Experimental assessment of non-edible candlenut biodiesel and its blend characteristics as diesel engine fuel.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral 2017. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/cadangan-minyak-habis-dalam-12-tahun-ini-solusinya> diakses pada 15 Januari 2018 pukul 20.00
- Kementrian Pertanian Direktorat Jenderal Hortikultura. 2009. Statistik Produksi Hortikultura 2009
- Ketaren, S., 1986. Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan. Jakarta: Universitas Indonesia Press
- Pham, L.N., Boi Van Luu. 2018. Production of Biodiesel from Candlenut Oil Using aTwo-step Co-solvent Method and Evaluation of ItsGaseous Emissions. *Journal of Oleo Science*. 67, (5) 617-626
- Manurung, Renita.2006.Transesterifikasi Minyak Nabati. Tugas Akhir. Departemen Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Sumatera Utara
- Naylor, R.L., M.M. Higginsb. 2016. The Political Economy Of Biodiesel In An Era Of Low Oil Prices. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 77 (2017) 695–705
- Pamata, N., 2008. Sintetis Metil Ester (Biodiesel) dari Minyak Biji Kemiri (*Aleurites moluccana*) Hasil Ekstraksi melalui Metode Ultrasonokimia. Tugas Akhir. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Indonesia. Jakarta
- Parwati, L.D., 2017. Pengaruh Massa Kemiri Terhadap Volume dan Karakterisasi Minyak Kemiri Hasil Pengolahan Tradisional Sebagai

Bahan Dasar Biofuel. Tugas Akhir. Jurusan Pendidikan Fisika. Universitas Negeri Yogyakarta.

Saxenaa, P., S. Jawaleb, M.H. Joshipurac. 2012. A Review on Prediction of Properties of Biodiesel and Blends of Biodiesel. *Procedia Engineering* 51 ( 2013 ) 395 – 402

Sihombing, T.H.P., 2011. Analisis Pengelolaan Tanaman Kemiri Rakyat Di Kecamatan Tanah Pinem Kabupaten Dairi Propinsi Sumatera Utara. Tugas Akhir. Program Studi Ilmu Pengelolaan Hutan. Institut Pertanian Bogor., Bogor.

Ula, S., W. Kurniadi. Studi Kelayakan Produksi Biodiesel Dari MinyakJelantah Skala Industri Kecil. Prodi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya, Indonesia

## **LAMPIRAN**

### **LAMPIRAN A**

#### **PEMBUATAN BIODIESEL**

Dalam penelitian ini, dilakukan eksperimen dengan menggunakan bahan baku minyak biji kemiri (*Aleurites moluccana*). Bahan baku biji kemiri ini dilakukan berbagai treatment untuk diambil minyak lemaknya sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dengan bantuan katalis methanol dalam proses esterifikasi dan transesterifikasi. Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam proses pembuatan biodiesel biji kemiri ini yakni :

1. Minyak nabati Biji Kemiri
2. Metanol
3. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
4. KOH
5. Aquades
6. Asam cuka
7. Gelas Ukur
8. Pipet
9. Labu erlenmeyer
10. Stirer (pengaduk)
11. Kompor gas atau Heater
12. Timbangan

Sementara itu, tahap-tahap yang harus dilakukan dalam proses pembuatan biodiesel biji kemiri ini adalah :

1. Proses pengepressan biji kemiri
2. Esterifikasi
3. Transesterifikasi
4. Proses Pencucian
5. Proses drying

#### **a. Pengepressan Biji Kemiri**

Metode pengepresan yang digunakan dalam pembuatan biodiesel kemiri ini adalah metode pengepresan berulir (screw press). Biji yang telah dikeringkan, baik melalui penjemuran maupun dari mesin pengering, dimasukkan dalam mesin pengepres. Mesin pengepres yang digunakan untuk memeras minyak dari biji adalah screw press expeller yang bekerja secara kontinyu. Cara pengepressan ini paling sesuai untuk memisahkan minyak dari bahan dengan kadar rendamen di atas 10%.

Cara kerja dari mesin ini yaitu bahan baku dimasukkan dalam hopper dan didorong oleh screw yang terpasang dibawahnya dan akan mendapat tekanan dari ulir yang berputar tersebut. Proses pemerasan terjadi ketika aliran dari bahan baku tersebut tertahan oleh ring. Sementara itu, minyak akan keluar dari celah diantara ring dan keluaran yang dapat berupa pipa atau lempengan besi berongga yang mempunyai celah dengan ukuran tertentu, sedangkan ampas keluar dari tempat lain,

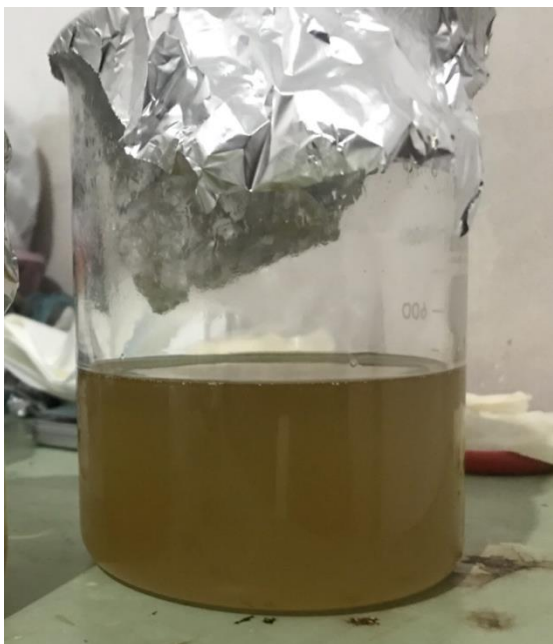
biasanya di ujung mesin. Minyak yang keluar dari mesin pres umumnya berwarna hitam gelap karena banyak mengandung kotoran yang berasal dari kulit. Oleh karena itu, minyak ditampung dalam tangki penampung minyak kotor dan akan di filter beberapa kali untuk menghilangkan kotoran sehingga lebih mudah untuk diolah menjadi biodiesel.

Hasil pengepresan minyak biji kemiri ini dihasilkan minyak dengan jumlah sekitar 50% dari berat biji kering. Selain minyak akan dihasilkan juga limbah yang berupa lempengan bungkil yang terdiri dari tempurung, kulit, dan daging biji. Bungkil yang jumlahnya cukup besar tersebut harus dimanfaatkan kembali agar tidak menjadi sumber pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, pabrik pengolahan minyak kemiri harus disertai dengan pengolahan limbah..

### **b. Esterifikasi**

Esterifikasi merupakan reaksi pembentukan ester dari asam karboksilat dan alkohol. Esterifikasi berfungsi untuk menurunkan kadar FFA (*Free Fatty Acid*) pada minyak. Kadar FFA pada minyak harus dijaga dibawah 1% untuk mencegah reaksi saponifikasi. Berikut langkah – langkah proses esterifikasi:

1. Panaskan minyak kemiri hingga suhu 35 C
2. Masukkan metil alkohol (metanol) 0,08 liter/liter minyak kemiri (8% volume minyak kemiri)
3. Aduk selama 5 menit
4. Masukkan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebanyak 1 ml/liter minyak kemiri
5. Aduk terus selama 60 menit dan jaga suhu tetap 35C
6. Setelah 1 jam, hentikan pengadukan lalu diamkan selama 8-24 jam



Gambar hasil proses esterifikasi

### c. Transesterifikasi

Proses transesterifikasi berfungsi untuk memisahkan methyl ester dengan gliserol. Pada penelitian ini proses transesterifikasi menggunakan methanol dengan katalis KOH. Berikut langkah – langkah proses transesterifikasi.

1. Siapkan larutan metoksid, yakni campuran metanol diukur dari 12% volume minyak dengan katalis basa KOH sebanyak 1% dari berat minyak
2. Tuangkan larutan metoksid sebanyak 50% ke dalam minyak setelah esterifikasi, lalu aduk selama 5 menit
3. Panaskan campuran tersebut hingga suhu 57 C
4. Masukkan kembali sisa larutan metoksid tersebut dan aduk pelan-pelan
5. Aduk hingga terlihat endapan gliserol di bagian bawah (biasanya sekitar 1,5 -2,5 jam)
6. Setelah terlihat endapan, lalu diamkan (pendeaktivasi katalis) biasanya sekitar 1 jam



### d. Proses Pencucian (Washing)

Proses pencucian biodiesel bertujuan untuk memurnikan biodiesel dengan memisahkan metanol dan zat-zat lain seperti kotoran. Proses pencucian ini menggunakan aquades. Untuk mendapatkan minyak biodiesel yang jernih, maka dilakukan proses pencucian sebanyak 3 kali dengan takaran aquades 1:1 dari volume minyak. Proses pencucian ini biasanya mengakibatkan emulsi, maka digunakan asam cuka 25% dengan komposisi 7ml/liter aquades. Lakukan hingga prosesnya selesai. Di bawah ini merupakan gambar setelah proses pencucian :

**e. Proses Pengeringan (Drying)**

Proses pengeringan biodiesel kemiri bertujuan untuk menghilangkan air yang terkandung dalam minyak. Proses pengeringan ini dilakukan dengan memanaskan biodiesel dan diaduk menggunakan magnet stirrer dengan suhu didih air yang berkisar  $100^{\circ}\text{C}$ . Proses pencucian ini dilakukan sampai tidak adanya air yang terkandung didalam biodiesel.



## LAMPIRAN B

## Hasil Uji Propertieses LPPM

## 1. Sampel B100 dan Minyak Mentah Kemiri



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
 LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
 Gedung Pusat Riset, Lantai Lobby, Kampus ITS Sukolilo - Surabaya 60111  
 Telp : 031 - 5953759, Fax : 031 - 5955793, PABX : 1404, 1405  
<http://www.lppm.its.ac.id>

## LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Nama Pemilik : Mohammad Dolimora M  
 Alamat Pemilik : Teknik Sistem Perkapalan ITS  
 Nama Contoh : **Biodiesel B100 dan Crude Oil** Tanggal Terima : 22 Mei 2018  
 Deskripsi : Bentuk : **Padat/Cair/Gas** Tanggal Pengujian : 24 Mei 2018  
 Contoh : Volume : - Tanggal Selesai : 06 Juni 2018  
 Kemasan : Botol Pengujian :  
 Kode Contoh : **EN-021** Jumlah Contoh : 02

Menyatakan bahwa contoh tersebut di atas telah diuji di Laboratorium Energi & Lingkungan – LPPM ITS.

No.	Nama Contoh	Jenis Uji	Hasil	Satuan	Metode Pengujian
1	Biodiesel B100	Kinematic Viscosity at 40°C	21,30	cSt	ASTM D 445-97
		NilaiKakor	9.387	Cal/gr	Bomb Kalorimeter
		Densitas	0,916	gr/cm <sup>3</sup>	Piknometer
		Pour Point	-18	°C	ASTM D 93-00
		Flash Point	225		
2	Crude Oil	Kinematic Viscosity at 40°C	28,46	cSt	ASTM D 445-97
		NilaiKakor	9.338	Cal/gr	Bomb Kalorimeter
		Densitas	0,922	gr/cm <sup>3</sup>	Piknometer
		Pour Point	-16	°C	ASTM D 93-00
		Flash Point	307		

Suhu : 25,1°C  
 Humidity : 57%  
 Analisis : WNN, MBB, NRS

## Catatan:

- Hasil pengujian hanya berlaku dari sampel yang diuji.
- Labotarium tidak bertanggung jawab atas kerugian pada pihak ke tiga.
- Laporan hasil pengujian hanya diperbanyak secara utuh.

Kepala Laboratorium  
 Energi dan Lingkungan

Dr. Ir. Susianto, DEA  
 NIP. 19620820 198903 1 004

Koordinator Teknis

Vita Yuliana, S.Si  
 NIP. 1990201822404

## 2. SAMPEL A B100, SAMPEL B B100, dan B20

### LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Nama Pemilik : Muhammad Dolimora

Alamat Pemilik : Teknik Sistem Perkapalan ITS

Nama Contoh : **Sampel A B100, Sampel B B100 dan Minyak Kemiri B20** Tanggal Terima : 28 Juni 2018

Deskripsi : Bentuk : ~~Padat~~/Cair/Gas Tanggal Pengujian : 29 Juni 2018

Contoh : Volume : - Tanggal Selesai : 05 Juli 2018

Kemasan : Botol Pengujian : 05 Juli 2018

Kode Contoh : **EN-029** Jumlah Contoh : 03

Menyatakan bahwa contoh tersebut di atas telah diuji di Laboratorium Energi & Lingkungan – LPPM ITS.

No.	Nama Contoh	Jenis Uji	Hasil	Satuan	Metode Pengujian
1	Sampel A B 100	<i>Kinematic Viscosity at 40°C</i>	4,12	cSt	ASTM D 445-97
2	Sampel B B100		6		
3	Minyak Kemiri B 20		4,26		
	Minyak Kemiri B 20	<i>Cetane Number</i>	69,7	-	Cetane Meter

Suhu : 20,4°C

Humidity : 43%

Analisis : NRS, MBB, EVY, WNN

Catatan:

1. Hasil pengujian hanya berlaku dari sampel yang diuji.
2. Laboratorium tidak bertanggung jawab atas kerugian pada pihak ke tiga.
3. Laporan hasil pengujian hanya diperbanyak secara utuh.

Kepala Laboratorium  
Energi dan Lingkungan

Koordinator Teknis

Dr. Ir. Susianto, DEA  
NIP. 19620820 198903 1 004

Vita Yuliana, S.Si  
NIP. 1990201822404

## LAMPIRAN C

### Pengambilan data bahan bakar

#### 1. HSD

Putaran Engine (rpm) kontrol	Putaran Engine (rpm) aktual	Beban (watt)	Putaran Aminimator (rpm)	Alternator Tegangan (volt)	Alternator Arus (ampere)	Volume Bahan Bakar (m <sup>3</sup> )	Waktu (detik)	Waktu (menit)	Waktu (jam)	Densitas (gr/m <sup>3</sup> )	Slip Efisiensi	Daya (kw)	FCR (mf) (gr/h)	SFOC (gr/kwh)	Torsi (Nm)	BMEP (N/m <sup>2</sup> )	LHV (J/kg)	Eff. Thermal (%)
1800	1799	0	1305	158	0	0.00001	86.79	1.447	0.0241	839000	0.994	0.000	348.0	#DIV/0!	0.000	0.00	44281364	0.0000
1800	1798	1000	1300	178	3.75	0.00001	68.9	1.115	0.0186	839000	0.991	0.714	451.5	632.8	3.791	150566.88	44281364	12.8482
1800	1802	2000	1297	169	7.81	0.00001	47.52	0.792	0.0132	839000	0.986	1.585	635.6	401.0	8.404	334471.35	44281364	20.2733
1800	1801	3000	1294	198	11.92	0.00001	34.59	0.577	0.0096	839000	0.984	2.539	873.2	343.9	13.468	535737.63	44281364	23.6370
1800	1799	4000	1290	193	13.89	0.00001	26.77	0.446	0.0074	839000	0.982	2.889	1128.3	390.5	15.345	609722.58	44281364	20.8195
1900	1901	0	1376	167	0	0.00001	85.14	1.419	0.0237	839000	0.992	0.000	354.8	#DIV/0!	0.000	0.00	44281364	0.0000
1900	1902	1000	1374	193	3.91	0.00001	60.42	1.007	0.0168	839000	0.990	0.807	499.9	619.2	4.055	161401.67	44281364	13.1298
1900	1900	2000	1365	201	8.09	0.00001	46.63	0.777	0.0130	839000	0.984	1.749	647.7	370.3	8.796	349716.16	44281364	21.9559
1900	1899	3000	1362	206	12.36	0.00001	30.11	0.502	0.0084	839000	0.983	2.744	1003.1	365.6	13.804	548508.96	44281364	22.2364
1900	1898	4000	1360	207	14.42	0.00001	26.02	0.434	0.0072	839000	0.982	3.220	1160.8	360.5	16.207	643640.08	44281364	22.5486
2000	1999	0	1435	192	0	0.00001	83.71	1.395	0.0233	839000	0.983	0.000	360.8	#DIV/0!	0.000	0.00	44281364	0.0000
2000	2001	1000	1441	207	4.23	0.00001	52.88	0.881	0.0147	839000	0.987	0.940	571.4	608.1	4.487	178470.98	44281364	13.3703
2000	2003	2000	1440	215	8.41	0.00001	42.76	0.713	0.0119	839000	0.985	1.944	706.4	363.4	9.272	369170.25	44281364	22.3723
2000	2000	3000	1435	219	12.8	0.00001	27.84	0.464	0.0077	839000	0.983	3.020	1084.9	359.3	14.424	573463.73	44281364	22.6267
2000	1998	4000	1433	220	14.92	0.00001	23.96	0.399	0.0067	839000	0.983	3.537	1280.6	356.4	16.914	671760.88	44281364	22.8112
2100	2100	0	1521	209	0	0.00001	80.68	1.345	0.0224	839000	0.992	0.000	374.4	#DIV/0!	0.000	0.00	44281364	0.0000
2100	2102	1000	1515	222	4.38	0.00001	48.83	0.814	0.0136	839000	0.987	1.043	618.6	593.2	4.739	188395.64	44281364	13.7042
2100	2101	2000	1513	229	8.71	0.00001	39.2	0.653	0.0109	839000	0.987	2.141	770.5	359.9	9.734	387190.99	44281364	22.5864
2100	2101	3000	1507	233	13.24	0.00001	25.23	0.421	0.0070	839000	0.983	3.324	1197.1	360.2	15.116	601230.75	44281364	22.5732
2100	2099	4000	1506	234	15.44	0.00001	21.95	0.366	0.0061	839000	0.983	3.892	1376.0	355.6	17.715	703939.12	44281364	22.9935
2200	2198	0	1586	222	0	0.00001	49.77	0.830	0.0138	839000	0.989	0.000	606.9	#DIV/0!	0.000	0.00	44281364	0.0000
2200	2198	1000	1585	236	4.67	0.00001	43.46	0.724	0.0121	839000	0.988	1.181	695.0	588.4	5.134	203942.81	44281364	13.8177
2200	2200	2000	1582	243	9	0.00001	35.45	0.591	0.0098	839000	0.985	2.351	852.0	362.5	10.208	405831.80	44281364	22.4286
2200	2201	3000	1580	245	13.69	0.00001	23.54	0.392	0.0065	839000	0.983	3.611	1283.1	355.3	15.675	623467.16	44281364	22.8802
2200	2203	4000	1574	247	15.93	0.00001	19.57	0.326	0.0054	839000	0.979	4.256	1543.4	362.6	18.459	734858.28	44281364	22.4199





### 3. Pengambilan data Biodiesel B15 Kemiri

Putaran Engine (rpm) kontrol	Putaran aktual	Bahan (watt)	Putaran Aluminator (rpm)	Alternator		Volume Bahan Bakar (m3)	Waktu (detik)	Waktu (menit)	Waktu (jam)	Densitas (gr/m3)	Efisiensi Slip	Daya (kw)	FCR (m)	SFOC (gr/kwh)	Torsi (Nm)	BMEP (N/m2)	LHV (J/Kg)	Eff. Thermal (%)
				Tegangan (volt)	Arus (ampere)													
1800	1797	0	1301	155		0.00001	89	1.483	0.0247	850550	0.992	0.000	344.0	#DIV/0!	0.000	0.00	43530441	0.0000
1800	1805	1000	1301	180	3.9	0.00001	63	1.050	0.0175	850550	0.987	0.753	486.0	645.7	3.984	156843.08	43530441	12.8082
1800	1802	2000	1295	189	7.82	0.00001	46	0.767	0.0128	850550	0.985	1.589	665.6	418.8	8.427	335416.83	43530441	19.7479
1800	1796	3000	1289	192	11.5	0.00001	36	0.600	0.0100	850550	0.983	2.378	850.6	357.7	12.649	507145.81	43530441	23.1188
1800	1805	4000	1292	194	13.43	0.00001	28	0.467	0.0078	850550	0.981	2.813	1093.6	388.7	14.891	593640.75	43530441	21.2746
1900	1899	0	1373	171		0.00001	84	1.400	0.0233	850550	0.991	0.000	364.5	#DIV/0!	0.000	0.00	43530441	0.0000
1900	1905	1000	1370	196	4.05	0.00001	57	0.950	0.0158	850550	0.985	0.853	537.2	629.7	4.278	170543.70	43530441	13.1332
1900	1902	2000	1369	202	8.09	0.00001	41	0.683	0.0114	850550	0.986	1.755	746.8	425.6	8.814	350798.02	43530441	19.4313
1900	1903	3000	1366	210	12.2	0.00001	32	0.533	0.0089	850550	0.983	2.758	956.9	346.9	13.849	551464.28	43530441	23.8412
1900	1901	4000	1362	210	13.9	0.00001	23	0.383	0.0064	850550	0.982	3.149	1331.3	422.8	15.825	629490.64	43530441	19.5604
2000	2003	0	1448	193		0.00001	77	1.283	0.0214	850550	0.990	0.000	397.7	#DIV/0!	0.000	0.00	43530441	0.0000
2000	2000	1000	1443	200	4.12	0.00001	53	0.883	0.0147	850550	0.988	0.883	577.7	654.5	4.217	167634.98	43530441	12.6350
2000	2001	2000	1443	216	8.4	0.00001	39	0.650	0.0108	850550	0.988	1.945	785.1	403.8	9.285	369307.03	43530441	20.4828
2000	2004	3000	1436	219	12.8	0.00001	27	0.450	0.0075	850550	0.982	3.023	1134.1	375.1	14.414	574210.52	43530441	22.0481
2000	1997	4000	1432	219	14.76	0.00001	22	0.367	0.0061	850550	0.982	3.484	1391.8	399.5	16.668	661666.73	43530441	20.7013
2100	2102	0	1520	210		0.00001	66	1.100	0.0183	850550	0.991	0.000	463.9	#DIV/0!	0.000	0.00	43530441	0.0000
2100	2097	1000	1513	222	4.32	0.00001	48	0.800	0.0133	850550	0.988	1.027	637.9	621.0	4.681	185814.97	43530441	13.3183
2100	2096	2000	1509	229	8.99	0.00001	36	0.600	0.0100	850550	0.986	2.136	850.6	398.1	9.738	386404.15	43530441	20.7716
2100	2099	3000	1506	233	13.4	0.00001	23	0.383	0.0064	850550	0.983	3.363	1331.3	395.8	15.308	608320.80	43530441	20.8923
2100	2095	4000	1500	232	15.9	0.00001	20	0.333	0.0056	850550	0.981	3.982	1531.0	384.5	18.159	720215.32	43530441	21.5089
2200	2198	0	1590	228		0.00001	67	1.117	0.0186	850550	0.991	0.000	457.0	#DIV/0!	0.000	0.00	43530441	0.0000
2200	2203	1000	1590	237	4.4	0.00001	45	0.750	0.0125	850550	0.989	1.117	680.4	609.4	4.843	192796.65	43530441	13.5719
2200	2205	2000	1589	240	9.24	0.00001	33	0.550	0.0092	850550	0.987	2.378	927.9	390.1	10.305	410628.42	43530441	21.1979
2200	2201	3000	1577	247	13.6	0.00001	23	0.383	0.0064	850550	0.982	3.623	1331.3	367.4	15.729	625612.34	43530441	22.5093
2200	2202	4000	1574	247	15.93	0.00001	17	0.283	0.0047	850550	0.979	4.254	1801.2	423.4	18.459	734524.71	43530441	19.5337

#### 4. Pengambilan data Biodiesel B20 Kemiri

Putaran Engine (rpm) kontrol	Putaran (rpm) aktual	Bahan (watt)	Putaran Aluminiator (rpm)	Alternator		Volume Bahan Bakar (m3)	Waktu (detik)	Waktu (menit)	Waktu (jam)	Densitas (gr/m3)	Efisiensi Slip	Daya (kw)	FCR (ml) (gr/h)	SFOC (gr/kwh)	Torsi (Nm)	BMEP (N/m2)	LHV (J/kg)	Eff. Thermal (%)
				Tegangan (volt)	Arus (ampere)													
1800	1800	0	1302	143		0,00001	93	1,550	0,0258	854400	0,991	0,000	330,7	#DIV/0!	0,000	0,00	43280133	0,0000
1800	1796	1000	1298	174	3,7	0,00001	67	1,117	0,0186	854400	0,990	0,088	459,1	666,8	3,662	145282,69	43280133	12,4741
1800	1803	2000	1297	189	7,81	0,00001	50	0,833	0,0139	854400	0,986	1,586	615,2	387,9	8,404	334656,66	43280133	21,4433
1800	1802	3000	1295	193	11,91	0,00001	40	0,667	0,0111	854400	0,985	2,472	769,0	<b>311,1</b>	13,107	521657,38	43280133	26,7404
1800	1801	4000	1291	192	13,88	0,00001	31	0,517	0,0086	854400	0,982	2,873	992,2	345,3	15,243	606330,53	43280133	24,0876
1900	1904	0	1379	172		0,00001	90	1,500	0,0250	854400	0,992	0,000	341,8	#DIV/0!	0,000	0,00	43280133	0,0000
1900	1902	1000	1373	191	3,9	0,00001	60	1,000	0,0167	854400	0,989	0,798	512,6	642,8	4,006	159436,64	43280133	12,9402
1900	1903	2000	1370	203	8,12	0,00001	46	0,767	0,0128	854400	0,986	1,770	668,7	377,9	8,884	353769,56	43280133	22,0131
1900	1904	3000	1367	207	12,36	0,00001	34	0,567	0,0094	854400	0,984	2,754	904,7	<b>328,5</b>	13,820	550601,54	43280133	25,3232
1900	1904	4000	1365	207	14,42	0,00001	28	0,467	0,0078	854400	0,982	3,218	1098,5	341,4	16,147	643309,56	43280133	24,3658
2000	2003	0	1448	189		0,00001	82	1,367	0,0228	854400	0,990	0,000	375,1	#DIV/0!	0,000	0,00	43280133	0,0000
2000	2004	1000	1446	212	4,12	0,00001	55	0,917	0,0153	854400	0,989	0,936	559,2	597,8	4,460	177679,07	43280133	13,9148
2000	1998	2000	1438	216	8,5	0,00001	44	0,733	0,0122	854400	0,986	1,972	699,1	354,6	9,428	374440,71	43280133	23,4593
2000	2000	3000	1436	220	12,8	0,00001	34	0,567	0,0094	854400	0,984	3,031	904,7	<b>298,5</b>	14,480	575681,12	43280133	27,8702
2000	2000	4000	1433	220	14,92	0,00001	26	0,433	0,0072	854400	0,982	3,541	1183,0	334,1	16,914	672433,11	43280133	24,8944
2100	2102	0	1521	208		0,00001	72	1,200	0,0200	854400	0,991	0,000	427,2	#DIV/0!	0,000	0,00	43280133	0,0000
2100	2098	1000	1514	221	4,22	0,00001	52	0,867	0,0144	854400	0,989	0,999	591,5	592,2	4,549	180662,83	43280133	14,0456
2100	2103	2000	1513	230	8,9	0,00001	40	0,667	0,0111	854400	0,986	2,199	769,0	349,7	9,990	397743,11	43280133	23,7885
2100	2103	3000	1509	234	13,24	0,00001	31	0,517	0,0086	854400	0,983	3,337	992,2	<b>297,3</b>	15,160	603584,89	43280133	27,9749
2100	2102	4000	1504	233	15,56	0,00001	24	0,400	0,0067	854400	0,980	3,916	1281,6	327,3	17,800	708328,75	43280133	25,4164
2200	2199	0	1590	226		0,00001	69	1,150	0,0192	854400	0,991	0,000	445,8	#DIV/0!	0,000	0,00	43280133	0,0000
2200	2196	1000	1585	236	4,38	0,00001	48	0,800	0,0133	854400	0,989	1,107	640,8	578,9	4,816	191104,22	43280133	14,3676
2200	2197	2000	1580	243	9,1	0,00001	38	0,633	0,0106	854400	0,985	2,376	809,4	<b>340,6</b>	10,334	470300,20	43280133	24,4207
2200	2203	3000	1580	248	13,86	0,00001	23	0,383	0,0064	854400	0,983	3,704	1337,3	361,0	16,064	639518,95	43280133	23,0385
2200	2203	4000	1577	248	15,97	0,00001	20	0,333	0,0056	854400	0,981	4,276	1537,9	359,7	18,545	738278,97	43280133	23,1272

## LAMPIRAN D

### Perhitungan Analisa Ekonomis Biodiesel Kelapa Sawit Perhitungan Kebutuhan Bahan Baku

Tabel Kebutuhan bahan baku pembuatan biodiesel

No	Bahan Baku	Kebutuhan	Keterangan
1	Crude Palm Oil	1 liter	
2	Metanol	200 ml	80ml ester & 120ml trans
3	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1 ml	esterifikasi
4	KOH	1 gram	transesterifikasi
5	Aquades	3 liter	3x pencucian
6	Asam Cuka	7 ml	pencucian pertama

Tabel Hasil yang didapat

No	Bahan Baku	Hasil
1	Biodiesel B100	800 ml
2	Gliserol	200 ml

Tabel Perhitungan Kebutuhan bahan baku

Rincian		perhari		perton	harga perton	total harga/hari	total harga/tahun
1	CPO	50000	1	50	Rp8.700.000	Rp435.000.000	125.280.000.000
2	Minyak	40000	1	36,64	-	Rp0	0
3	Metanol	10000	1	7,92	Rp5.036.850	Rp39.891.852	11.488.853.376
4	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	500	1	0,92	Rp2.878.200	Rp2.647.944	762.607.872
5	KOH	500	kg	0,5	Rp2.374.515	Rp1.187.258	341.930.160
6	Aquades	120000	1	120		Rp0	0
7	Asam Cuka	2000	1	2,1	Rp7.000.000	Rp14.700.000	4.233.600.000
8	bahan bakar	7000	1	6,16	Rp5.000.000	Rp30.800.000	8.870.400.000
9	h <sub>3</sub> po <sub>4</sub>	7000	1	0,15	Rp10.122.175	Rp1.518.326	437.277.960
					Total	Rp525.745.380	Rp151.414.669.368

Tabel 4. 26 Hasil penjualan

No	Produk	Kapasitas/Hari (kg)	Harga (Rp/kg)	Total Harga (Rp/Hari)
1	Biodiesel	40.000	17.500	700000000
2	Gliserol	1000	215.000	215000000
3	Metanol 99%	6.970	6.000	41817600
Total				Rp956.817.600
Total per tahun				

**Perhitungan Kebutuhan Karyawan**

Tabel Kebutuhan karyawan

No	Jabatan	Gaji	Jumlah	Total Gaji
1.	Dewan Komisaris			
	a. Komisaris Utama	50.000.000	1	50.000.000
	b. Anggota Komisaris	30.000.000	1	30.000.000
2.	Direksi			
	a. Direktur Utama	75.000.000	1	40.000.000
	b. Direktur Teknik	30.000.000	1	30.000.000
	c. Direktur Pemasaran	30.000.000	1	30.000.000
	d. Direktur Produksi	30.000.000	1	30.000.000
	e. Direktur Keuangan	30.000.000	1	30.000.000
3	Sekretaris Direksi	15.000.000	1	15.000.000
4	Manager			
	a. Manager Produksi	10.000.000	1	10.000.000
	b. Manager QA-QC	10.000.000	1	10.000.000
	c. Manager Operasi	10.000.000	1	10.000.000
	d. Manager Maintenance	10.000.000	1	10.000.000
	e. Manager Technical	10.000.000	1	10.000.000
	f. Manager Logistik	10.000.000	1	10.000.000
	g. Manager Pemasaran	10.000.000	1	10.000.000
	h. Manager HRD	10.000.000	1	10.000.000
	i. Manager Keuangan	10.000.000	1	10.000.000
5	Kepala Seksi			
	a. Proses	7.500.000	1	7.500.000
	b. Kontrol kualitas	7.500.000	1	7.500.000
	c. Utilitas	7.500.000	1	7.500.000



	d. Pemeliharaan	7.500.000	1	7.500.000
	e. Promosi &Penjualan	7.500.000	1	7.500.000
	f. Administrasi	7.500.000	1	7.500.000
	g. Keamanan	7.500.000	1	7.500.000
	h. Personalia	7.500.000	1	7.500.000
	i. Supply Chain	7.500.000	1	7.500.000
	j. Keuangan	7.500.000	1	7.500.000
6	Karyawan Operasional			
	a. Lulusan S-1	6.000.000	5	30.000.000
	b. Lulusan D-3	5.000.000	5	25.000.000
	c. Lulusan SMK/SMU	3.500.000	5	17.500.000
7	Health Safety and Env.	5.000.000	3	15.000.000
8	Karyawan Keamanan	4.000.000	5	20.000.000
9	Sopir	4.000.000	5	20.000.000
10	Kebersihan	3.000.000	5	15.000.000
11	Karyawan Tidak Tetap	5.000.000	0	0
<b>Total</b>			60	562.500.000

Jadi, pengeluaran perusahaan dalam setahun untuk gaji karyawan ditambah tunjangan hari raya adalah Rp2.193.750.000.

### **Perhitungan Penaksiran Modal (Total Capital Investment)**

Modal Tetap

*Tabel Direct Cost*

No	Item	%	Nilai
1.	Purchased equipment	21%	Rp 21.415.366.846
2.	Instalasi, pengecatan, dan isolasi	9%	Rp 8.566.146.739
3.	Instrumentasi dan kontrol	4%	Rp 4.283.073.369
4.	Perpipaan	6%	Rp 6.424.610.054
5.	Sistem kelistrikan	3%	Rp 3.212.224.035
6.	Ongkos kapal laut	4%	Rp 4.497.227.038
7.	Asuransi	0%	Rp 428.307.337
8.	Biaya angkut barang ke plant	5%	Rp 4.925.535.375
9.	Fasilitas pelayanan	11%	Rp 10.707.684.432
10	<i>Yard improvement</i>	3%	Rp 3.212.305.027
11	Bangunan	6%	Rp 10.707.684.432
12	Tanah	1%	Rp 13.747.689.198
<b>Total Direct Cost (TDC)</b>		75%	Rp 82.127.931.856

Tabel *Indirect Cost*

1.	<i>Engineering and supervision</i>	7%	Rp	7.067.071.059
2.	Biaya konstruksi	7%	Rp	7.495.378.396
3.	Biaya kontraktor	3%	Rp	3.212.305.027
4.	Biaya tak terduga	7%	Rp	7.495.378.396
<b>Total Indirect Cost (IC)</b>			Rp	25.270.132.879

$$\begin{aligned}
 \text{Fixed Capital Investment} &= \text{DC} + \text{IC} \\
 &= \text{Rp}82.127.931.856 + \text{Rp}25.270.132.879 \\
 &= \mathbf{\text{Rp}107.398.064.735}
 \end{aligned}$$

Modal Kerja (Working Capital Investment, WCI)

$$\begin{aligned}
 \text{WCI} &= 20\% \text{ TCI} \\
 \text{TCI} &= \text{FCI} + \text{WCI} \\
 &= \text{FCI} + 15\% \text{ TCI} \\
 80\% \text{ TCI} &= \text{Rp}107.398.064.735 \\
 \text{TCI} &= \text{Rp}134.247.580.919 \\
 \text{WCI} &= \mathbf{\text{Rp } 26.849.516.184}
 \end{aligned}$$

Modal tetap (FCI)	=	Rp	107.398.064.735	
Modal kerja (WCI)	=	Rp	26.849.516.184	+
Total investasi (TCI)	=	<b>Rp</b>	<b>134.247.580.919</b>	

Modal investasi terbagi atas :

1. Modal sendiri (*equity*) : 60% TCI = Rp80.548.548.551
2. Modal Pinjaman bank (*loan*) : 40% TCI = Rp53.699.032.368

## Perhitungan Biaya Produksi (Total Production Cost, TPC)

### Biaya Produksi Langsung

Tabel 4. 27 Biaya Produksi Langsung

No	Komponen	%	Harga
1	Bahan baku (1 tahun)		Rp 151.414.669.368
2	Tenaga kerja (1 tahun)	OL	Rp 7.312.500.000
3	Utilitas	10% TPC	0,1 TPC
4	Pemeliharaan dan perbaikan	5% FCI	Rp 5.369.903.237
5	<i>Operating supplies</i>	1% FCI	Rp 536.990.324
6	Supervisor langsung	10% OL	Rp 731.250.000
7	Paten dan royalti	1% TPC	0,01 TPC
8	Laboratorium	10% OL	Rp 731.250.000
<b>Total</b>			<b>Rp 166.096.562.928</b> + 0,11 TPC

### Biaya Tetap (*Fixed Charges, FC*)

Tabel 4. 28 Biaya Tetap (Fixed Charge)

No	Komponen	%	Harga
1.	Depresiasi (peralatan dan bangunan)	10% FCI	Rp 10.739.806.474
2.	Pajak daerah	2% FCI	Rp 2.147.961.295
3.	Asuransi	1% FCI	Rp 1.073.980.647
	<b>Total</b>		Rp 13.961.748.416

### Biaya Plant Overhead (*Plant Overhead Cost*)

$$POC = 4\% TPC$$

$$\text{Total biaya pembuatan (MC)} = DPC + FC + POC$$

### Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses, GE*)

Tabel 4. 29 Biaya Pengeluaran Umum (General Expenses, GE)

No	Komponen	%	Harga
1.	Biaya administrasi	2% TPC	0,02 TPC
2.	Biaya distribusi dan penjualan	2% TPC	0,02 TPC
3.	Biaya R & D	5% TPC	0,05 TPC
4.	Financing (interest)	1% TCI	Rp 1.342.475.809
	<b>Total</b>		<b>Rp 1.342.475.809 + 0,09 TPC</b>

Dimana, Total biaya pembuatan (Manufacturing Cost) = DPC + FC + FOC

$$MC = DPC + FC + pOC$$

$$TPC = MC + GE$$

Sehingga didapatkan,

$$TPC = \text{Rp}238.685.246.254$$

$$GE = \text{Rp}22.824.147.972$$

$$POC = \text{Rp} 9.547.409.850$$

$$MC = \text{Rp}215.861.098.282$$

$$TPC - \text{Depresiasi} = \text{Rp}238.685.246.254 - \text{Rp} 10.739.806.474$$

$$\text{Biaya produksi tanpa depresiasi} = \text{Rp}227.945.439.781$$

### Perbandingan Nilai Ekonomis

#### A. Perhitungan Biaya Total Produksi

Tabel 4. 30 Biaya Operasi Untuk Kapasitas Produksi Besar

No.	Kapasitas Produksi	Biaya Produksi (Rp)
1.	60%	136.767.263.868
2.	80%	182.356.351.825
3.	100%	227.945.439.781

Tabel 4. 31 Modal Pinjaman Selama Masa Konstruksi

Masa Konstruksi	%	Modal Pinjaman		
		Biaya (Rp)	Bunga Bank 10,25%	Jumlah (Rp)
-2	30%	16.109.709.710	0	16.109.709.710
-1	70%	37.589.322.657	1.651.245.245	39.240.567.903
0	0	0	5.673.403.455	5.673.403.455
Modal pinjaman pada akhir masa konstruksi pabrik				61.023.681.068

Tabel 4. 32 Modal Sendiri Selama Masa Konstruksi

Masa Konstruksi	%	Modal Sendiri		
		Biaya (Rp)	Laju Inflasi 3,35%	Jumlah (Rp)
-2	50%	40.274.274.276	0	40.274.274.276
-1	50%	40.274.274.276	1.349.188.188	41.623.462.464
0	0	0	2.743.574.181	2.743.574.181
Modal sendiri pada akhir masa konstruksi pabrik				84.641.310.920

Total investasi pada akhir masa konstruksi pabrik = Modal sendiri + Modal pinjaman = **Rp 145.664.991.988**

Untuk perhitungan harga penjualan produk dengan produksi sebesar 100% didapatkan harga:

penjualan produk = Total harga penjualan produk  
= **Rp275.563.468.800**

## B. Laju Pengembalian Modal (*Internal Rate of Return*)

Tabel 4. 33 Trial Laju Bunga (i)

Tahun ke - n	Net Cash Flow	i = 0,112	
		DF	Present Value
0	-Rp145.664.991.988	1,000	-Rp145.664.991.988
1	Rp13.178.541.818	0,899	Rp11.851.206.671
2	Rp20.282.910.793	0,809	Rp16.402.902.600
3	Rp27.387.279.767	0,727	Rp19.917.486.730
4	Rp37.469.846.087	0,654	Rp24.505.454.412
5	Rp48.034.648.477	0,588	Rp28.250.795.448
6	Rp59.105.798.741	0,529	Rp31.260.892.082
7	Rp70.708.614.272	0,476	Rp33.630.925.226
8	Rp82.869.678.335	0,428	Rp35.445.193.791
9	Rp95.616.903.355	1,000	Rp95.616.903.355
10	Rp108.979.597.381	1,000	Rp108.979.597.381
Total Present Value			Rp405.861.357.696

Investasi awal = Rp145.664.991.988

$$\begin{aligned} \text{Rasio} &= \frac{\text{Total Present Value}}{\text{Investasi Awal}} \\ &= \frac{\text{Rp405.861.357.696}}{\text{Rp145.664.991.988}} \\ &= 2,786 \end{aligned}$$

IRR - 22%

Dari perhitungan pada Tabel D.10, nilai  $i = 0,112 = 11,2\%$  per tahun. Harga IRR yang diperoleh lebih besar dari pada nilai bunga pinjaman modal. Hal ini menunjukkan bahwa pabrik layak untuk didirikan dengan tingkat bunga 11,2%

### C. Waktu Pengembalian Modal

Tabel 4. 34 *Commulative Cash Flow*

Tahun ke - n	Net Cash Flow	Cummulative Cash Flow
1	13.178.541.818	13.178.541.818
2	20.282.910.793	33.461.452.611
3	27.387.279.767	60.848.732.378
4	37.469.846.087	98.318.578.465
5	48.034.648.477	146.353.226.942
6	59.105.798.741	205.459.025.683
7	70.708.614.272	276.167.639.955
8	82.869.678.335	359.037.318.290
9	95.616.903.355	454.654.221.645
10	108.979.597.381	563.633.819.026

Dari tabel di atas, untuk total investasi = Rp145.664.991.988, dengan cara interpolasi antara tahun ke -3 dan ke -4, maka diperoleh waktu pengembalian modal selama 5,26 tahun.

### D. Analisa Titik Impas (Brake Event Point)

Analisa titik impas digunakan untuk mengetahui jumlah kapasitas produksi, dimana biaya produksi total sama dengan hasil penjualan.

Tabel 4. 35 *Biaya Fixed Cost, Variable Cost, Semi Variable Cost, dan Sell*

No.	KETERANGAN	JUMLAH	
1.	Biaya tetap (FC)	Rp.	13.961.748.416
2.	Biaya variabel (VC)		
	- Bahan baku	Rp.	151.414.669.368
	- Utilitas	Rp.	23.868.524.625
		Rp.	175.283.193.993
3.	Biaya semi variabel (SVC)		

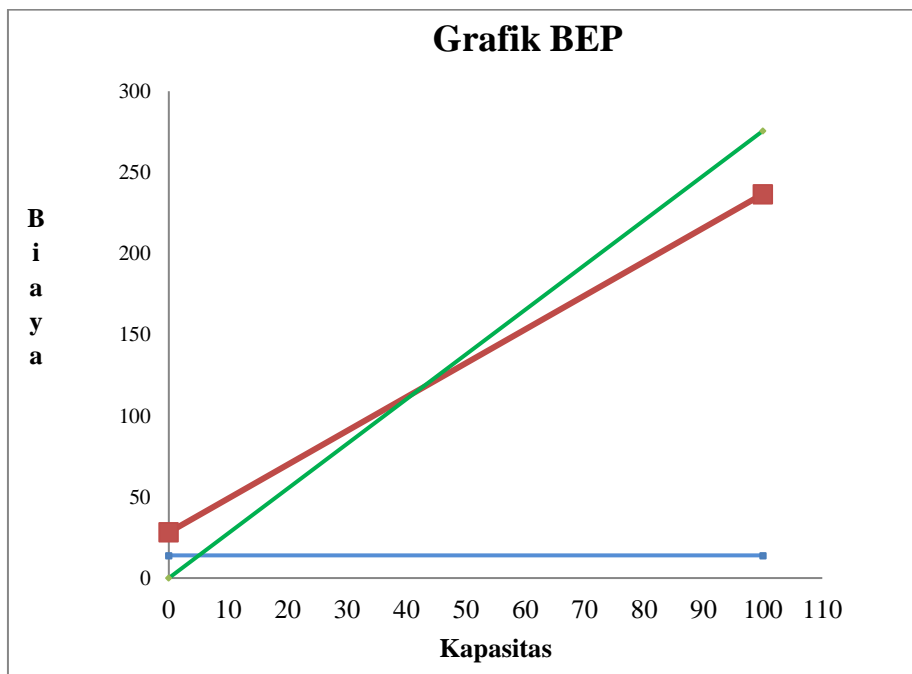
	- Tenaga kerja	Rp.	7.312.500.000
	- Pemeliharaan dan perbaikan	Rp.	5.369.903.237
	- <i>Operating supplies</i>	Rp.	536.990.324
	- Laboratorium	Rp.	731.250.000
	- Paten dan royalti	Rp.	2.386.852.463
	- <i>Plant overhead cost</i>	Rp.	9.547.409.850
	- Pengeluaran umum	Rp.	21.481.672.163
		Rp.	47.366.578.036
4.	Total penjualan (S)	Rp.	275.563.468.800

Untuk perhitungan BEP sebagai berikut:

$$\text{BEP} = \frac{\text{FC} + 0,3 \text{ SVC} \times 100\%}{\text{S} - 0,7 \text{ SVC} - \text{VC}}$$

$$= \frac{\text{Rp}28.171.721.826}{\text{Rp}67.123.670.181} \times 100\%$$

$$= 42\%$$



## BIOGRAFI PENULIS



**Kiagus Salvin Oemar**, dilahirkan di Bandung, Jawa Barat pada tanggal 25 Januari 1995. Penulis adalah putra kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Kiagus H. Oemar Hd dan Ibu Hj, Neng Kartini. Penulis menempuh jenjang Pendidikan formal di SD Albasyariyah Bandung, SMP Negeri 3 Bandung, dilanjutkan dengan SMA Negeri 8 Bandung. Setelah menamatkan Pendidikan di SMA pada tahun 2013, penulis melanjutkan Pendidikan Program S1 di Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2014 dan terdaftar dengan Nomor Registrasi Pokok 04211440000122. Selama masa studi, penulis aktif dalam berbagai kegiatan kepanitiaan maupun keorganisasian, seperti

menjadi staf Kebijakan Kampus BEM ITS 2015/2016 dan Kepala Departemen Hubungan Dalam Himasiskal ITS 2017/2018. Selain itu, penulis juga aktif dalam UKM Sepakbola ITS sebagai pemain sepakbola dan futsal. Di tahun keempat penulis memilih salah satu bidang studi di Teknik Sistem Perkapalan yaitu *Marine Power Plant*. Penulis dapat dihubungi melalui email [kiagussalvin@gmail.com](mailto:kiagussalvin@gmail.com).